

Studiengesellschaft



für Anwendungstechnik von Eisen und Stahl e.V.

Brandverhalten von Stahl- und Stahlverbundkonstruktionen

Studiengesellschaft P 86

BMFT - Förderkennziffer BAU 6004

Akt. 1.1

Brandlasterhebung in Industriehallen

Abschlußbericht

Prof. Dr.-Ing. habil. U. Schneider
Fachgebiet: Baustoffkunde
Leiter: Amtl. Prüfstelle für Beton



**Gesamthochschule
Kassel**
Universität des Landes Hessen

Fachbereich 14
Bauingenieurwesen

A B S C H L U S S B E R I C H T
=====

B r a n d l a s t e r h e b u n g e n i n
I n d u s t r i e - S t a h l h a l l e n

von

Prof. Dr.- Ing. habil. U. Schneider

Dipl.-Ing. U. Max

Juni 1984

B I B L I O T H E K
Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz
der Technischen Universität Braunschweig
Beethovenstraße 52
D-3300 Braunschweig

Der vorliegende Abschlußbericht wurde im Rahmen des
BMFT-Projektes BAU 6004/Studiengesellschaft P86
"Brandverhalten von Stahl- und Stahlverbundkonstruk-
tionen" für die Amtliche Materialprüfanstalt für das
Bauwesen, Braunschweig, erstellt.

Die diesem Bericht zugrundeliegenden Arbeiten wurden mit Mitteln
des Bundesministers für Forschung und Technologie (Förderungskenn-
zeichen BAU 6004) gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt
liegt jedoch in allen Fällen bei den Autoren.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einleitung	2
1.1 Allgemeines	2
1.2 Problemstellung	3
2. Datensammlung und Erhebungen	4
3. Grundlagen der statistischen Auswertung	9
3.1 Allgemeines zum Rechenverfahren	9
3.2 Eingabe von Vorbedingungen und Aus- sortieren bestimmter Stahlhallen	10
3.3 Erstellen von Histogrammen und Testver- fahren für die Mittelwerte bzw. Ver- teilungsfunktionen	11
3.3.1 Bestimmung von Klasseneinteilungen	12
3.3.2 Erstellung von Histogrammen und Dar- stellung auf dem Plotter	13
3.3.3 Darstellung der Ergebnisse im Wahr- scheinlichkeitsnetz	19
3.3.4 Anpassungstest an Normalverteilung bzw. logarithmische Normalverteilung	20
3.3.5 Bestimmung von Konfidenzintervallen für Mittelwert und Varianz	22
3.4 Erstellen von Zähllisten	28
3.5 Histogramme von kombinierten Größen	29

	Seite
4. Auswertung der vorliegenden Daten über Industrie-Stahlhallen	29
4.1 Einteilung der Hallen in verschiedene Nutzungsarten	29
4.2 Statistische Kenndaten	33
4.2.1 Auswertung der unbewerteten Brandlasten der einzelnen Nutzungsarten	35
4.2.2 Auswertung der durchschnittlichen m-Fak- toren der einzelnen Nutzungsarten	40
4.2.3 Auswertung der bewerteten Brandlast der einzelnen Nutzungsarten	44
4.2.4 Auswertung der Nutzungsarten 5 bis 12	47
4.2.5 Auswertung der durchschnittlichen Heiz- werte der Nutzungsarten 1 bis 4	51
4.2.6 Abhängigkeit der Brandlast von der Brand- abschnittsgröße	53
5. Bedeutung für die Praxis	63
6. Zusammenfassung und Ausblick	66
7. Schrifttum	67

1. Einleitung

1.1 Allgemeines

Sicherheitsanforderungen für den vorbeugenden baulichen Brandschutz sind im konventionellen Hochbau durch die Landesbauordnungen festgelegt. Bei besonderen Risiken, z.B. bei Hochhäusern, Krankenhäusern oder in Kernkraftwerken, werden diese Anforderungen in Abstimmung mit Brandschutzsachverständigen mehr oder weniger gefühlsmäßig erhöht bzw. durch verschärfte Richtlinien vorgeschrieben. Solche intuitiven Festlegungen machen das Fehlen eines geeigneten brandschutztechnischen Bemessungsverfahrens deutlich /1/. Mit der Ausgabe der Vornorm DIN 18 230 "Baulicher Brandschutz im Industriebau" wird ein solches Bemessungsverfahren für den Industriebau vorgeschlagen, da die unterschiedlichen Bauweisen und Risiken eine differenzierte Festlegung der Sicherheitsanforderungen unumgänglich machen /2/.

In der Vornorm werden erstmalig - und das ist eine beachtenswerte Erweiterung der bisher geübten Bemessungspraxis - die in einem Brandabschnitt vorhandenen Brandlasten bei der Bestimmung der erforderlichen Feuerwiderstandsdauer der Bauteile berücksichtigt. Es wird davon ausgegangen, daß man die Brandwirkungen eines Brandes in dem betreffenden Gebäude theoretisch abschätzen und mit Hilfe der sogenannten äquivalenten Branddauer auf den Normbrand umrechnen kann. Als Endergebnis ergeben sich für die einzelnen Gebäude Brandschutzklassen, die eine differenzierte Festlegung der Bauteilanforderungen und Brandabschnittsgrößen gestatten.

Das Brandgeschehen in einem Gebäude wird von verschiedenen Parametern beeinflusst. Dazu gehören vor allem die Brandlast, die Ventilationsbedingungen und die Wärmedämmung der Umfassungsbauteile. Über den letztgenannten Punkt wurde bereits in /3/ berichtet. Die Brandlast sowie ihre Form und Verteilung ist für die Bemessung jedoch ein übergeordneter Parameter, so daß dazu gesonderte Betrachtungen zweckmäßig und sinnvoll sind, zumal über die Höhe der Brandlasten in Industriegebäuden keine allgemeinen Untersuchungen vorliegen. Im Hinblick auf die Einführung und Anwendung von DIN 18 230 in die Praxis kann dieses sich als für den Einsatz der Stahlbauweise als äußerst hinderlich erweisen.

1.2 Problemstellung

Brandschutztechnische Anforderungen an tragende und nichttragende Bauteile von Industriegebäuden sollen gemäß DIN 18 230 aufgrund der in den jeweiligen Brandabschnitten tatsächlich vorhandenen Brandlasten erfolgen. Um die erforderlichen Berechnungen bereits im Zuge einer Gebäudeplanung durchführen zu können, ist es erforderlich, über die Höhe der zu erwartenden Brandlasten genaue, d.h. prüffähige Angaben zu machen. Dieses kann in der Praxis zu Schwierigkeiten führen, weil in vielen Industriebereichen bisher kaum Überlegungen dieser Art durchgeführt worden sind und über die tatsächlichen Brandlasten keine Erfahrungen vorliegen. Ebenso sind die in der Praxis tätigen Architekten und Bauingenieure mit Fragestellungen der vorgenannten Art häufig überfordert.

Ziel des Vorhabens ist somit eine Brandlasterfassung in den verschiedensten Produktionsbereichen der deutschen Industrie, um späterhin die Anwendung von DIN 18 230 zu erleichtern. Dazu ist es erforderlich, die Arten und Mengen der brennbaren Stoffe, ihre Form und Verteilung und besondere Gefahren einer

Entzündung infolge der produktionstechnischen Voraussetzungen zu erfassen und statistisch auszuwerten. Die statistischen Auswertungen sollen sich hier jedoch nicht auf die Erstellung von allgemeinen Unterlagen über die Auftretenswahrscheinlichkeit von Brandlasten in Industriegebäuden beziehen, sondern es soll zunächst einmal versucht werden, über eine Nutzungsanalyse spezifische Aussagen über die Höhe von Brandlasten im Stahlhallenbau zu gewinnen.

Angestrebt ist somit die Sammlung von Erkenntnissen über die Zusammenhänge zwischen häufig auftretenden Brandlastverteilungen und den jeweiligen Produktionen bzw. Nutzungen in den einzelnen Brandabschnitten (Brandlast-Nutzungs-Analyse). In der Untersuchung sollen in Abhängigkeit von der jeweiligen Nutzungs- bzw. Produktionsart bestimmte Spannweiten für die auftretenden Brandlasten ermittelt werden. Aus diesen Werten sollen Fraktilwerte für die Brandlasten hergeleitet werden, die dann allgemein bei brandschutztechnischen Berechnungen nach DIN 18 230 zugrunde gelegt werden können.

2. Datensammlung und Erhebungen

Zur Erreichung der aufgeführten Ziele waren umfangreiche statistische Erhebungen in Industrie-Stahlhallen erforderlich, wobei im einzelnen folgende Vorgehensweise eingeschlagen wurde:

- Herstellung von Kontakten zu den Eigentümern von Industrie-Stahlhallen mit Hilfe entsprechender Verbände,
- Begehung der Industrieobjekte, Festlegung der Brandabschnitte, Erfassung der Brandlasten und anderer Brandschutzparameter anhand eines Fragebogens,

- Statistische Aufbereitung und Auswertung der Fragebögen sowie Durchführung der Brandlast-Nutzungs-Analyse,
- Bewertung der Ergebnisse und Erstellung eines zusammenfassenden Abschlußberichts.

Die gesamte Datensammlung und Erhebung wurde nach Absprache mit der Studiengesellschaft über das Fachgebiet Baustoffkunde der GhK (Gesamthochschule Kassel) abgewickelt. Leider ergab sich, daß im Brandschutz bekannte Materialprüfanstalten und Forschungsinstitute keine Daten in der gewünschten Form vorliegen haben, so daß die Erhebung über Industrieverbände bzw. deren Mitgliedsfirmen und Berufsfeuerwehren (München, Dortmund, Hamburg, Berlin) abgewickelt werden mußte.

Etwa 75 Firmen mit Berufsfeuerwehren wurden angeschrieben und um Daten gebeten. Davon haben nur etwa 20 positiv geantwortet und den vorgelegten Fragebogen ausgefüllt. Von den genannten Berufsfeuerwehren wurden ebenfalls über insgesamt 21 Objekte bereitgestellt.

Etwa 125 Industrie- und Behördenkontakte wurden geknüpft, davon sind etwa 80 positiv beantwortet worden. Ausgesprochen wenig Informationen kamen von der chemischen Industrie und der Elektroindustrie. Die chemische Industrie bzw. AGI sah sich aus nicht bekannten Gründen nicht in der Lage Daten über Brandlasten freizugeben. Selbst die Zusicherung absoluter Vertraulichkeit bei der Behandlung der Daten erwies sich als nicht akzeptabel. Angesichts der Menge der vorliegenden Daten aus anderen Industriebereichen ist das Forschungsziel jedoch durch diese Restriktion kaum beeinträchtigt worden.

Aus eigenen statistischen Erhebungen ergaben sich Daten über weitere 20 Industrieobjekte, so daß insgesamt eine Datei über 144 Industrie-Stahlhallen zusammengestellt werden konnte. In Zweifelsfällen wurden die von Industriefirmen mitgeteilten Daten durch eine Begehung der Anlagen überprüft, so daß evtl.

Fehler bei der Erfassung und Übertragungsfehler beseitigt werden konnten. Die Datensammlung hat fast 2 Jahre in Anspruch genommen.

Als Grundlage zur Erstellung der Datei dienten wie bereits erwähnt vorbereitete Fragebögen, die an die verschiedenen Firmen, Feuerwehren etc. verschickt wurden. Auf ihnen sollten u.a. folgende Angaben gemacht werden:

1. Gebäudeart, -konstruktion
2. Abmessungen der Brandabschnitte in m^2
3. Minimaler Grenzabstand in m
4. Gebäudenutzung (Produktionsablauf etc.)
5. Angaben über Anzahl und Größe von brandschutztechnisch abgetrennten Teilbereichen
6. Beschreibung der Baumaterialien für Außenwände, Fußböden, Dach und Innenwände
7. Angaben zur Ventilation
 - Fenster-, Türgröße in m
 - Fenster-, Türhöhe in m
 - Größe der Dachöffnungen in m^2
 - Rauch- und Wärmeabzüge
 - Größe und Ansprechtemperatur der maschinellen Rauchabzüge
8. Angaben über Art und Menge der in der Halle aufbewahrten brennbaren Stoffe in kg bzw. in kWh oder kWh/m^2
9. Angaben über Brandbekämpfungseinrichtungen, wie Sprinkler- oder CO_2 -Anlagen sowie Anmarschzeit der Werkfeuerwehr und Menge der zur Verfügung stehenden Löschwassermenge
10. Länge der Flucht- und Rettungswege.

Für einige Hallen lagen zur Auswertung brandschutztechnische Berechnungen nach DIN 18 230 vor, aus denen dann die gesuchten Größen entnommen wurden.

Die so erhaltenen Rohdaten wurden von Hand aufbereitet und dann in die Datei aufgenommen, wobei über jede Halle insgesamt 24 brandschutztechnische Daten abgespeichert wurden. Diese Daten sind im Anhang 1 dieses Berichtes in verkürzter Form zusammengestellt. Die Numerierung der Hallen erfolgte ohne besonderen Bezug zu den Nutzungen einfach nach dem Eingang der Fragebögen in aufsteigender Reihenfolge von 1 bis derzeit 144.

Aus den Fragebögen konnten die Angaben über Hallenbreite, Hallenlänge, Hallenhöhe, Fensterfläche, -höhe, Dachöffnungen, Grenzabstand, Anmarschzeit sowie Länge der Flucht- und Rettungswege direkt übernommen werden. Falls der Grenzabstand nicht angegeben war, wurde aus rechentechnischen Gründen einheitlich 999 m eingesetzt. Bei der Anmarschzeit wurde bei fehlender Angabe für die öffentliche Feuerwehr eine Zeit von 20 min und für eine Werkfeuerwehr von 5 min angenommen. Für Konstruktionsart, Rauch- und Wärmeabzüge sowie die Löschwasserversorgung sind jeweils zwei Möglichkeiten der Codierung vorgesehen. Bei der Konstruktionsart wird unterschieden, ob es sich um ein ein- oder mehrgeschossiges Gebäude handelt, während bei den Rauch- und Wärmeabzügen nur die Möglichkeit vorhanden bzw. nicht vorhanden gegeben ist. Bei der Löschwasserversorgung wird eine Aussage darüber gemacht, ob die zur Verfügung stehende Löschwassermenge größer oder kleiner als 1600 l/min ist.

Die Angaben über Baumaterialien der Hallenteile, Art der Punktbrandlasten sowie Feuerwehr und Löschanlagen wurden so codiert, daß die einzelnen Nummern jeweils einem Baustoff oder Brennstoff bzw. einer Art der Brandbekämpfung oder einer Kombination mehrerer Arten entsprechen.

Bezüglich der Nutzungsart wurden ähnliche Hallen in verschiedenen Gruppen zusammengefaßt. Beim ersten Durchgang wurde die Gruppeneinteilung sehr eng aufgefaßt, so daß sich eine große Anzahl ergab. Nach Begutachtung wurden dann einzelne

Gruppen aufgelöst und mit anderen Klassen zusammengelegt, wobei darauf geachtet wurde, daß die Zuordnung sowohl von der Nutzung als auch von der Brandlast her sinnvoll war. Einige Hallen ließen sich auf diese Weise jedoch nicht zuordnen und wurden daher in Sondergruppen zusammengefaßt.

Über die im einzelnen festgelegten Nutzungsklassen wird in Abschnitt 4.1 berichtet.

Die Anzahl der Brandabschnitte wurde aus der Angabe über abgetrennte Teilbereiche bestimmt, wobei die Anzahl der Summe der Teilbereiche plus eins entspricht. In gleicher Weise berechnet sich die Größe des Brandabschnittes aus der gesamten Hallenfläche minus Summe der Flächen der brandschutztechnisch abgetrennten Teilbereiche. Auf diese Fläche wurde auch die Gesamtbrandlast bezogen, in der auch die Masse der Punktbrandlasten enthalten ist, die jedoch über die Angabe der Art der Punktbrandlast nochmals gesondert erfaßt ist.

Aus den einzelnen Stoffen wurde sowohl die unbewehrte Brandlast als auch die bewertete Brandlast ermittelt. Dabei wurden für geschützte Stoffe die Kombinationsbeiwerte Ψ nach DIN 18 230, Tabelle 1 eingesetzt, wobei immer der ungünstigste Fall einer fehlenden wärmedämmenden Isolierung angenommen wurde. Die unbewertete Brandlast wurde in die Datei aufgenommen, während die bewertete Brandlast über den m-Faktor eingeht, der aus einer Division der bewerteten durch die unbewertete Brandlast gewonnen wurde und somit ein Durchschnittswert für den Faktor $m \cdot \Psi$ darstellt. Der durchschnittliche m-Faktor wird bestimmt aus

$$\bar{m} = \frac{\sum M_i \cdot H_{u_i} \cdot m_i \cdot \Psi_i}{\sum M_i \cdot H_{u_i}} \quad (1)$$

mit: M_i = Masse des brennbaren Stoffes
 H_{u_i} = unterer Heizwert des brennbaren Stoffes
 m_i = m-Faktor des entsprechenden Stoffes
 Ψ_i = Kombinationsbeiwert für geschützte Stoffe nach DIN 18230 Teil 1, Tab. 1
($\Psi_i = 1.0$ für ungeschützte Stoffe).

3. Grundlagen der statistische Auswertung

3.1 Allgemeines zum Rechenverfahren

Zur statistischen Auswertung wurde ein Rechnerprogramm in FORTRAN IV entwickelt, mit dem auch die Eingabe der Daten in die Datei durchgeführt wird. Dabei sind Änderungen an den Eingabedaten der Stahlhallen jederzeit möglich. Im einzelnen erbringt das Programm folgende Leistungen:

- 1) Eingabe und Änderung von Hallendaten,
- 2) Änderung von einzelnen Werten bei allen Hallen,
- 3) Eingabe von Vorbedingungen und Aussortieren von bestimmten Hallen,
- 4) Erstellen von Histogrammen und Summenhäufigkeiten zum Auftragen in Wahrscheinlichkeitspapier,
- 5) Durchführung von Anpassungstests mit verschiedenen Verteilungsannahmen,
- 6) Erstellung von Zähllisten,
- 7) Ausdrucken von Daten einzelner Hallen,
- 8) Ausdrucken von Plots der Häufigkeitsverteilungen und Vergleichsdichtefunktionen.

Die Eingabe von Daten erfolgt im Dialog, wobei immer angegeben werden muß, ob eine Neueingabe oder Änderung einzelner Hallendaten erfolgen soll. Die Steuerung erfolgt über die Hallennummer, die mit der Zeilennummer übereinstimmt in der die Daten abgespeichert sind. Bei einer Neueingabe werden die Daten in 3 Blöcken eingelesen, wobei vom Programm überprüft wird, ob alle Daten eingegeben wurden, was formatfrei geschieht. Danach wird die Eingabe in die Datendatei geschrieben.

Bei Änderung einzelner Daten von bestimmten Hallen werden nach Eingabe der Hallennummer die Daten von der Datei gelesen. Nach Angabe der Nummer des Auswertungsbogens erscheint

der gespeicherte Wert auf dem Bildschirm und es können solange neue Daten für beliebige Größen eingegeben werden, bis als Nummer eine 0 eingegeben wird, wobei eine Leereingabe bewirkt, daß der alte Wert erhalten bleibt. Nach allen Änderungen werden die Daten wieder in die Datei geschrieben. Die Änderung von Codierungen oder realen Größen erfolgt nach dem gleichen Prinzip. Die Hallen werden durchsucht, bis eine Halle mit einem zu ändernden Wert aufgefunden wird. Dann werden deren Daten eingelesen, der entsprechende Wert wird geändert und alle Daten werden wieder in die Datei geschrieben. Nach Eingabe der alten und neuen Werte erscheinen die beabsichtigten Änderungen auf dem Bildschirm und der Anwender kann bestimmen, ob diese Änderungen auch ausgeführt werden sollen.

3.2 Eingabe von Vorbedingungen und Aussortieren bestimmter Stahlhallen

Prinzipiell ist zu unterscheiden ob eine Codierung oder eine reale Größe untersucht wird. Zum Beispiel kann gefordert werden, daß für die Nutzungsart und die Art der Punktbrandlast eine oder mehrere mögliche Bedingungen erfüllt sind. Für die Brandlast kann gefordert werden, daß sie entweder größer oder kleiner als ein bestimmter Wert wird oder in einem vorgegebenen Intervall liegt. Mögliche Größen mit Codierungen sind Nutzungsart, Konstruktionsart, Anzahl der Brandabschnitte, Baumaterialien, Rauch- und Wärmeabzug, Art der Punktbrandlast, Anzahl der Feuerwehrrzüge, Löschwasserversorgung und Feuerwehr und Löschanlagen. Von ihnen können für bis zu 5 verschiedene Größen mit bis zu 10 mögliche Alternativbedingungen^{*)} vorgegeben werden. Für Hallenbreite, Hallenlänge, Hallenhöhe, Größe

^{*)} Die Anzahl der Bedingungen ist momentan jeweils auf 10 begrenzt. Diese Anzahl kann ohne größeren Aufwand jederzeit erhöht werden, falls dies erforderlich werden sollte.

des Brandabschnittes, Fensterfläche, Fensterhöhe, Größe der Dachöffnungen, Grenzabstand, Größe der Brandlast, Anmarschzeit und m-Faktor können z.B. Grenzwerte vorgegeben werden, die über- oder unterschritten sein müssen. Durch Eingabe einer "größer als" und einer "kleiner als" Bedingung kann ein bestimmtes Intervall festgelegt werden, in dem die Werte der aussortierten Hallen liegen müssen.

Möglich ist auch, daß gar keine, oder nur eine Art von Vorbedingungen gefordert wird. Nach Eingabe der gewünschten Voraussetzungen werden die Hallen mit aufsteigenden Hallennummern durchsucht. Sind für eine Halle alle Bedingungen erfüllt, so wird ihre Nummer festgehalten, sonst wird die nächste Halle untersucht. Nach dem Aussortieren sind in einem Vektor alle Hallen gespeichert, die alle Voraussetzungen erfüllen und somit die Stichprobe bilden, die dann in der gewünschten Art und Weise ausgewertet werden kann.

3.3 Erstellen von Histogrammen und Testverfahren für die Mittelwerte bzw. Verteilungsfunktionen

Nachdem die Stichprobe festgelegt ist, kann diese z.B. mit Histogrammen ausgewertet werden. Dazu kann man fünf verschiedene Parameter vorgeben, die statistisch untersucht werden sollen, wobei die einzelnen Größen und deren natürliche Logarithmen jeweils in einem Vektor abgespeichert werden, von denen Mittelwert, Standardabweichung und Variationskoeffizient bestimmt werden. Mit Hilfe eines Plotprogramms können im Anschluß daran die gewünschten Histogramme und Verteilungsfunktionen graphisch dargestellt werden (s. Abschnitt 3.3.2).

3.3.1 Bestimmung von Klasseneinteilungen

Als Vorbereitung zum Erstellen von Histogrammen wird in Abhängigkeit vom Stichprobenumfang n die Anzahl der Klassen k bestimmt. Es gilt für

3	\leq	$n < 20$	$k = 5$
20	\leq	$n < 100$	$k = 10$
100	\leq	$n < 500$	$k = 15$
500	\leq	n	$k = 20$

Dabei wird die Bedingung $k \approx \sqrt{n}$ in etwa eingehalten. Zum Vergleich der vorhandenen Verteilung mit der Normalverteilung wurden drei verschiedene Klasseneinteilungen entwickelt.

Im ersten Fall wird der kleinste Wert als untere Klassengrenze angenommen, die Breite wird aus der Division der Differenz des größten und kleinsten Wertes durch die Klassenanzahl gewonnen. Die Berechnung ist einfach und es werden alle Werte erfaßt. Sie hat aber den Nachteil, daß der Mittelwert nicht in der Mitte oder auf dem Rand einer Klasse liegt, wodurch auf einen Blick die Symmetrie der vorhandenen Verteilung beurteilt werden kann.

Im zweiten Fall wird zuerst die Klassenbreite bestimmt, wie oben. Wenn der kleinste Wert der Stichprobe größer als eine halbe Klassenbreite ist, wird die Untergrenze für die Klasseneinteilung soweit nach unten verschoben, bis der Mittelwert entweder auf dem Rand oder in der Mitte einer Klasse liegt. Die Klassenbreite wird dabei beibehalten, die Anzahl der Klassen wird um eins erhöht. Ist der kleinste Wert der Stichprobe kleiner als eine halbe Klassenbreite, so wird Null als untere Klassengrenze angenommen, die Klassenbreite wird so bestimmt, daß wieder der Mittelwert in der Mitte oder auf dem Rand einer Klasse liegt, und die Klassenanzahl wird soweit

erhöht, bis auch der größte Wert erfaßt ist. Diese Darstellungsweise liefert gute Ergebnisse, mit Ausnahme des Falles, daß der Mittelwert so ungünstig liegt, daß viele Klassen gebildet werden müssen damit auch der größte Wert erfaßt wird. In so einem Fall besteht die Möglichkeit ggf. von Hand plausible Werte einzugeben.

Im dritten Fall wird die Untergrenze berechnet aus Mittelwert minus größter Abweichung vom Mittelwert. Voraussetzung dabei ist, daß dieser Wert nicht negativ wird. Die Klassenanzahl wird wie oben angegeben bestimmt und so verteilt, daß genausoviele Klassen unterhalb wie oberhalb des Mittelwertes liegen, wobei dieser zur Mitte oder zum Rand einer Klasse wird. Wird die Differenz Mittelwert minus größter Abweichung negativ, so wird der kleinste Wert der Stichprobe zur Untergrenze und die Klassenbreite wird solange variiert, bis entweder der größte Wert oder der Wert, der um mehr als die zweifache Standardabweichung vom Mittelwert entfernt liegt, erfaßt wird. Liegt der kleinste Wert um mehr als das gleiche Maß (2σ) unter dem Mittelwert, so wird er als Untergrenze angenommen und die Klassenbreite berechnet sich aus dieser Differenz dividiert durch die halbe Klassenanzahl.

3.3.2 Erstellen von Histogrammen und Darstellung auf dem Plotter

Für jede dieser Klasseneinteilungen wird dann die Häufigkeitsverteilung mit einem Unterprogramm des Hochschul-Rechenzentrums bestimmt, wobei auf dem Schnelldrucker die Histogramme und Summenhäufigkeitskurven aufgetragen werden. In den Diagrammen wird auch der Funktionsverlauf der Normalverteilung dargestellt, die sich mit den ermittelten Parametern (Mittelwert, Standardabweichung) einstellen würde. Der Nachteil dieser Darstellungsweise liegt darin, daß der Verlauf der Funktion nur qualitativ angegeben wird.

Diese Tatsache führte auf die Überlegung, die Histogramme auf dem Plotter auszugeben und darin die Normalverteilung oder andere beliebige Funktionen maßstabsgerecht darzustellen. Dazu wurde ein am Rechenzentrum vorhandenes Unterprogramm entsprechend geändert. Bei der Bestimmung der Parameter für den Funktionsverlauf ist zu beachten, daß die errechneten Werte der Häufigkeiten für die einzelnen Klassen im Grunde eine diskrete Verteilungsfunktion darstellen, denn es wird die relative Häufigkeit einer Klasse angegeben, die man als diskrete Häufigkeitsverteilung in den Klassenmitten ansehen kann. Bei der Darstellung in den Histogrammen wird diese Häufigkeit als Fläche der Größe

$h_i \cdot 100 \cdot \Delta x$ dargestellt, mit

h_i = relative Häufigkeit der i-ten Klasse

100 = Faktor für Darstellung in %

Δx = Klassenbreite

Der Integrand der Verteilungsfunktion hat den Wert 1, d.h.

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma} \cdot e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} dx = 1,$$

genauso wie die Summe der relativen Häufigkeiten den Wert 1 besitzt, also

$$\sum_{i=1}^k h_i = 1,$$

mit:

k = Anzahl der Klassen.

Folglich gilt auch

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma} \cdot e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} (100 \cdot \Delta x) dx = \sum_{i=1}^k h_i \cdot (100 \cdot \Delta x),$$

da Δx nicht von x abhängt. Damit entspricht der Integrand der gesuchten Dichtefunktion. Dabei ist zu beachten, daß diese Funktion die Häufigkeitsverteilung darstellt, welche die vorliegende Stichprobe aufweisen müßte, damit sie mit den errechneten Parametern μ und σ normal verteilt wäre. Weiterhin ist darauf zu achten, daß in Klassenmitte näherungsweise die erwartete Häufigkeitsverteilung einer (μ, σ) normalverteilten Stichprobe abgelesen werden kann.

Auf die gleiche Weise kann die Verteilungsfunktion bei Zugrundelegung einer logarithmischen Normalverteilung ermittelt werden. Bei der Auswertung der logarithmischen Normalverteilung wird untersucht, ob die Logarithmen der Werte normalverteilt sind. Dazu wird die Häufigkeitsverteilung und Summenhäufigkeitskurve der Logarithmen auf den Schnelldrucker ausgegeben. Diese Darstellungsweise erschwert die Auswertung, da nicht die üblichen Werte, sondern deren Logarithmen dargestellt werden. Im Ausdruck werden sowohl die Größe der Werte als auch deren natürliche Logarithmen sowie der Mittelwert, die Standardabweichung und der Variationskoeffizient unter Annahme einer Normalverteilung ausgegeben, wobei der Variationskoeffizient aus Division der Standardabweichung durch den Mittelwert ermittelt wird.

Gleichzeitig wird der Mittelwert und die Standardabweichung der Logarithmen ermittelt und ausgegeben. Für den Erwartungswert E , die Streuung σ^2 und den Variationskoeffizienten V bei angenommener logarithmischer Normalverteilung gilt dann nach /4/:

$$E = e^{\mu' + \frac{\sigma'^2}{2}} \quad (2)$$

$$\sigma^2 = e^{2\mu' + \sigma'^2} \cdot (e^{\sigma'^2} - 1) \quad (3)$$

$$V = \sqrt{e^{\sigma'^2} - 1} \quad (4)$$

mit

μ' = Mittelwert der Logarithmen

σ' = Standardabweichung der Logarithmen

Die Gleichung der Verteilungsfunktion erhält man unter der Voraussetzung, daß die Logarithmen der Werte normalverteilt sind aus

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma} \cdot e^{-\frac{(\xi - \mu')^2}{2\sigma'^2}} d\xi = 1.$$

Durch Substitution von $\xi = \ln x$ geht diese Gleichung wegen

$$d\xi = \frac{1}{x} \cdot dx \quad \text{und}$$

$$x > 0 \quad \text{für} \quad \ln x > -\infty$$

über in

$$\int_{-0}^{+\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma' \cdot x} \cdot e^{-\frac{(\ln x - \mu')^2}{2\sigma'^2}} dx = 1.$$

Durch Multiplikation mit dem Faktor $100 \cdot \Delta x$ wird der Integrand, wie im Fall der Normalverteilung zur Dichtefunktion, die sich einstellen würde, wenn die vorliegende Stichprobe logarithmisch normalverteilt wäre.

Die beiden beschriebenen Dichtefunktionen sind zur Zeit im Programm realisiert. Entsprechende Testläufe wurden durchgeführt, wobei in Bild 3.1 eine normalverteilte Stichprobe und in Bild 3.2 eine logarithmisch normalverteilte Stichprobe eingegeben wurde. Offenbar geben die Funktionen die vorgegebenen Häufigkeitsverteilungen sehr gut wieder.

Auf Bild 3.1 und 3.2 sind die Brandlasten in kWh/m² angegeben. Diese Dimension für die Brandlast wird in Anlehnung an DIN 18 230 auch in den folgenden Auswertungen einheitlich beibehalten.

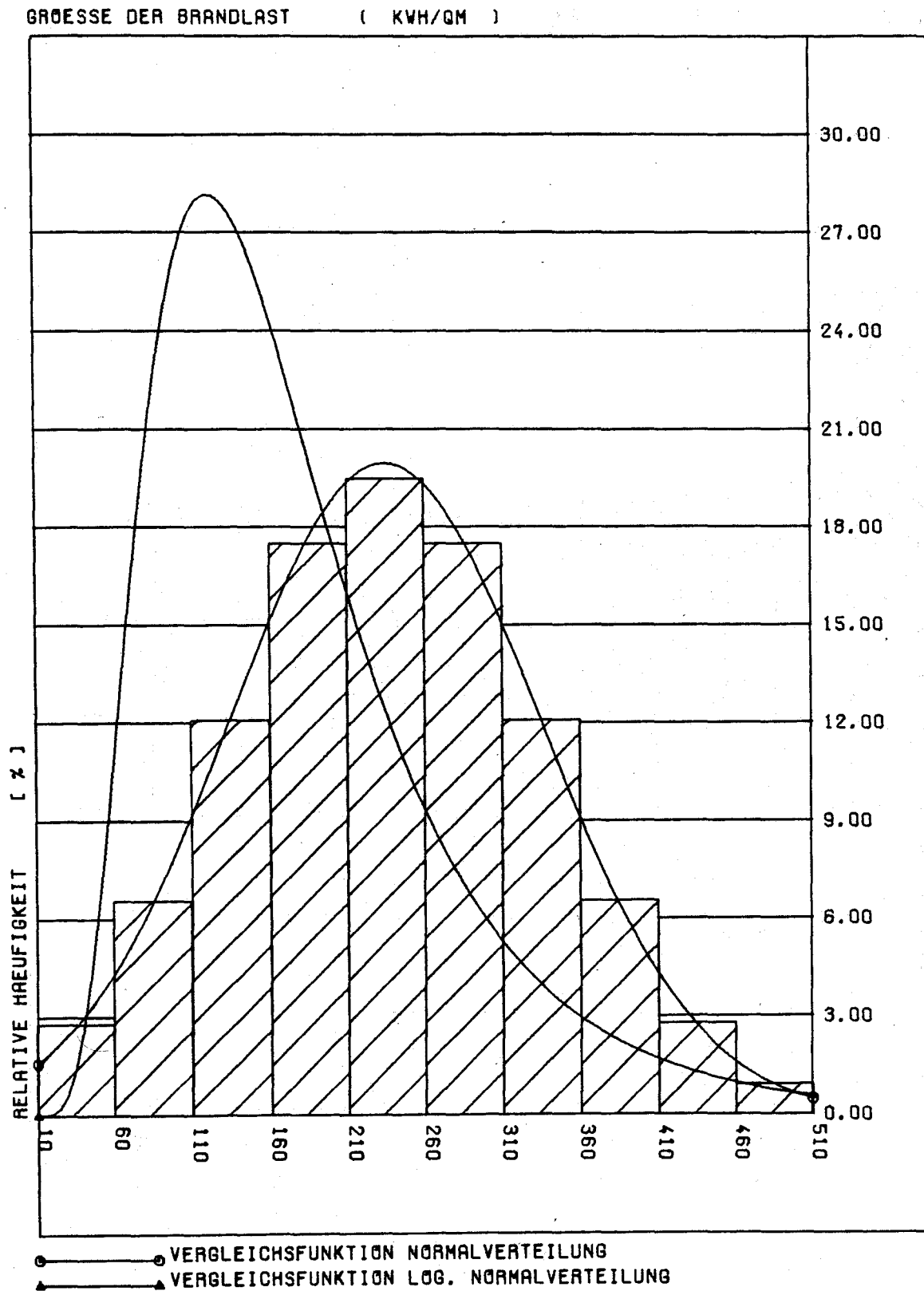


Bild 3.1: Häufigkeitsverteilung einer normalverteilten Stichprobe und Vergleichsfunktionen
 Normalverteilung und logarithmische Normalverteilung

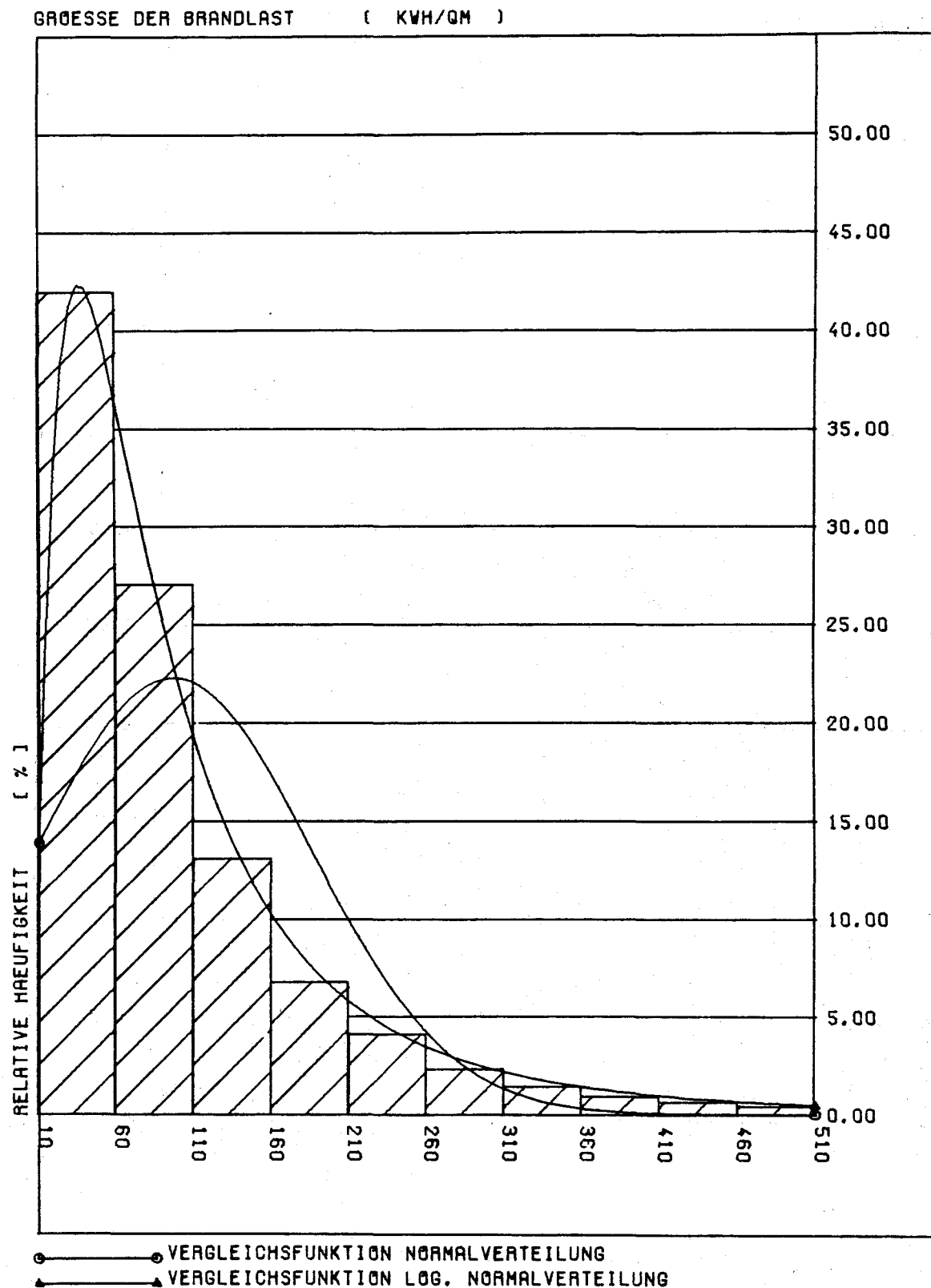


Bild 3.2: Häufigkeitsverteilung einer logarithmisch normalverteilten Stichprobe und Vergleichsfunktionen Normalverteilung und logarithmische Normalverteilung

3.3.3 Darstellung der Ergebnisse im Wahrscheinlichkeitsnetz

Eine weitere Möglichkeit zur Beurteilung der Stichprobe auf Normalverteilung ist die Darstellung im Wahrscheinlichkeitsnetz, bei dem die Ordinate so verzerrt ist, daß sich für eine normalverteilte Stichprobe die Summenhäufigkeitskurve als Gerade einstellt. Sie kann für die drei Versionen der Histogramme direkt übernommen werden. Im Programm wird als weitere Möglichkeit die Summenhäufigkeit der Stichprobe im Bereich

$$\bar{X} - 3 S \leq X \leq \bar{X} + 3 S$$

mit \bar{X} = Mittelwert der Stichprobe
S = Standardabweichung der Stichprobe

in Schritten von $0.5 \cdot S$ ermittelt.

Durch Darstellung dieser vier verschiedenen Kurven kann der Einfluß der unterschiedlichen Klasseneinteilung auf den funktionalen Verlauf gut abgeschätzt werden. Nach /5/ kann z.B. aus dieser Darstellung durch Annäherung der Einzelpunkte, die an den oberen Klassengrenzen mit der vorhandenen Summenhäufigkeitskurve übereinstimmen, durch eine Ausgleichsgerade der Mittelwert und die Standardabweichung der normalverteilten Grundgesamtheit ermittelt werden. Voraussetzung ist allerdings, daß die Werte der Stichprobe um eine Gerade streuen, die Verbindung der einzelnen Punkte nicht gekrümmt ist und auch die Abweichung von der Ausgleichsgerade nicht zu groß wird.

3.3.4 Anpassungstest an Normalverteilung bzw. logarithmische Normalverteilung

Zur Beurteilung, ob die vorliegende Stichprobe normalverteilt ist, kann als statistisches Hilfsmittel der χ^2 -Test herangezogen werden. Zu diesem Zweck ist ein Unterprogramm im Rechenzentrum vorhanden, das nach folgendem Schema arbeitet: Vor Aufruf des Unterprogramms müssen jeweils die Klassengrenzen, Anzahl der Klassen, sowie die Parameter der zu testenden Verteilung berechnet und dann übergeben werden. Im jetzigen Stadium kann die Stichprobe nur gegen die Normalverteilung und durch Übergabe der Logarithmen der Größen auch gegen die logarithmische Normalverteilung getestet werden. Das Unterprogramm bestimmt dann die tatsächlichen und die erwarteten Besetzungszahlen der einzelnen Klassen für die zu testende Verteilung.

Die Testgröße T ist dann:

$$T = \sum_{i=1}^k \frac{(H(i) - E(i))^2}{E(i)} \quad (5)$$

mit k = Anzahl der Klassen

$H(i)$ = Besetzungszahl der i-ten Klasse

$E(i)$ = erwartete Besetzungszahl der i-ten Klasse

Diese Testgröße ist χ^2 -verteilt mit $(k-1)$ Freiheitsgraden für den Fall, daß die Parameter der zu untersuchenden Normalverteilung (μ , σ) aus einer anderen Stichprobe ermittelt wurden.

Bild 3.3 zeigt die χ^2 -Verteilung für verschiedene Freiheitsgrade.

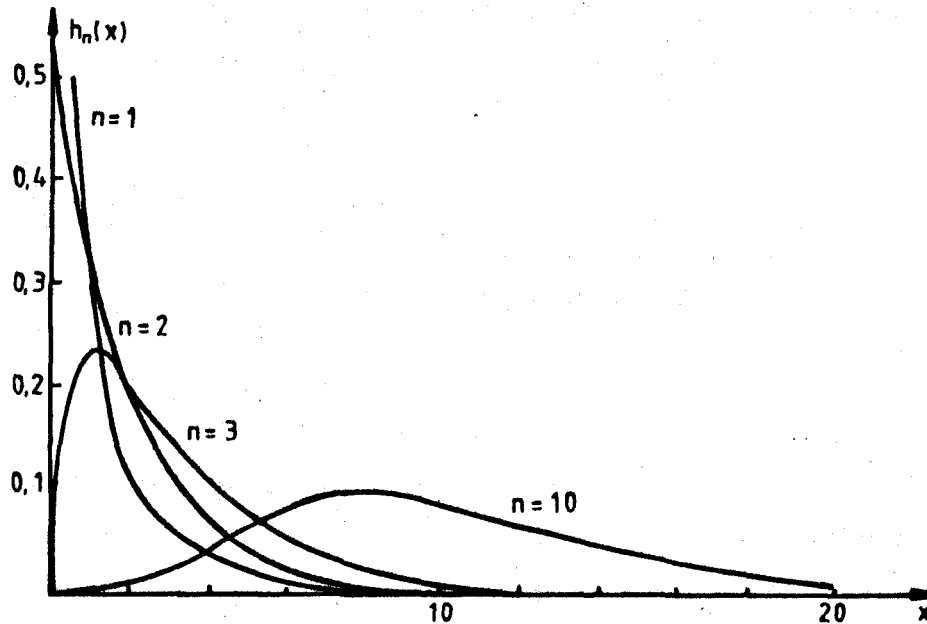


Bild 3.3: Dichte der χ^2 -Verteilung für verschiedene Freiheitsgrade

Die Anzahl der Freiheitsgrade vermindert sich allerdings um die Anzahl der Parameter (hier $m = 2$), wenn die aus einer Stichprobe ermittelten Schätzwerte \bar{X} und S verwendet werden.

Diese Werte sind bei der vorliegenden Untersuchung immer aus der untersuchten Probe ermittelt, so daß immer der zweite Fall vorliegt. Im Rechnerprogramm werden aber beide Tests durchgeführt, obwohl nur die zweite Form exakt die Voraussetzungen für die Anwendbarkeit des Testverfahrens erfüllt. Nach /5/ müssen zusätzlich noch folgende Bedingungen erfüllt sein:

1. keine Klasse sollte eine erwartete Besetzungszahl kleiner eins haben,
2. höchstens 20% der Klassen sollte eine erwartete Besetzungszahl kleiner fünf haben,
3. schwach besetzte Gruppen sollten zusammengefaßt werden,
4. besitzt χ^2 nur einen einzigen Freiheitsgrad, so sollte keine Gruppe eine erwartete Besetzungszahl kleiner fünf haben und der Stichprobenumfang sollte nicht kleiner als 30 sein.

Im verwendeten Unterprogramm werden die ersten drei Bedingungen immer eingehalten, d.h. die Klassen werden zuerst so zusammengefaßt, daß die Voraussetzungen erfüllt sind.

Nach der Klassenzusammenlegung bleiben bei den meisten Tests jedoch nur 2 Klassen übrig, so daß der Freiheitsgrad der χ^2 -Verteilung wegen unbekannten Mittelwerten und Standardabweichungen einer Normalverteilung sowie geringem Stichprobenumfang kleiner eins wird und so kein Test mehr durchgeführt werden kann.

Im vorliegenden Fall blieb abgesehen von einer Ausnahme nur die Möglichkeit, die Schätzwerte als bekannte Parameter einer Grundgesamtheit aufzufassen. Unter dieser Voraussetzung ließen sich für die meisten Nutzungsklassen entsprechende Anpassungstests durchführen.

3.3.5 Bestimmung von Konfidenzintervallen für Mittelwert und Varianz

In der Literatur /5, 6, 7/ sind Verfahren angegeben, wie man aus einer Stichprobe ein Vertrauensintervall erhält, in dem mit einer vorgewählten Wahrscheinlichkeit der tatsächliche Mittelwert und die tatsächliche Varianz der Grundgesamtheit liegen.

Bei der Bestimmung kann sowohl ein zweiseitiges als auch ein einseitiges Intervall bestimmt werden. Dabei liegt der gesuchte Wert entweder zwischen zwei Grenzwerten im ersten Fall oder man sucht nur eine obere oder untere Schranke. Bei der Ermittlung der Konfidenzintervalle für den Mittelwert sind grundsätzlich zwei Fälle zu unterscheiden.

Im ersten Fall wird vorausgesetzt, daß die Streuung der Grundgesamtheit bekannt ist, etwa aus einer älteren Untersuchung. Bei vorausgesetzter Normalverteilung der Grundgesamtheit ist dann die Größe

$$\frac{\bar{X} - \mu}{\sigma / \sqrt{n}}$$

standardisiert normalverteilt und man kann durch Angabe eines Vertrauensniveaus die Werte angeben, für die gilt, daß der gewünschte Teil dieser Werte im Intervall oder unter einer oberen beziehungsweise über einer unteren Schranke liegt. Es gilt bei der Bestimmung eines Intervalls:

$$w \left(-\lambda(p) \leq \frac{\bar{X} - \mu}{\sigma / \sqrt{n}} \leq \lambda(p) \right) = P\%$$

mit: w = Wahrscheinlichkeit
 $\lambda(p)$ = zweiseitige Grenzen, zwischen denen P % der Werte liegen (aus Standard-Normalverteilung)
 \bar{X} = Mittelwert der Stichprobe
 μ = Mittelwert der Grundgesamtheit
 σ = bekannte Standardabweichung der Grundgesamtheit
 n = Anzahl der Stichprobenwerte

In Bild 3.4 sind die $\lambda(p)$ Grenzen der standardisierten Normalverteilung dargestellt.

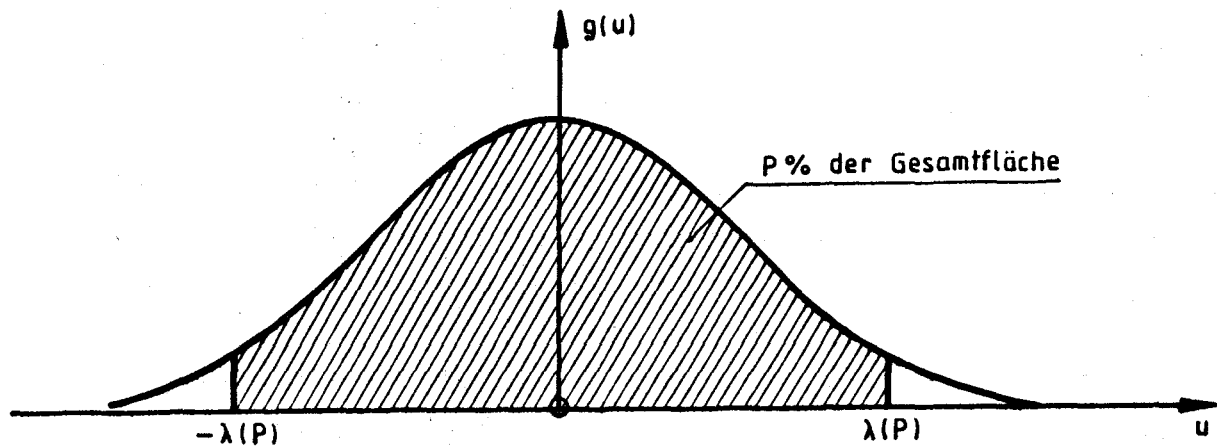


Bild 3.4: Zweiseitige Grenzen $\lambda(p)$ bei standardisierter Normalverteilung

Folglich gilt auch

$$\bar{X} - \lambda(p) \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{X} + \lambda(p) \frac{\sigma}{\sqrt{n}} , \quad (6)$$

wodurch das Konfidenzintervall bestimmt ist. Nach dieser Beziehung werden im Programm die Grenzwerte für die entsprechenden Konfidenzintervalle zum gewählten Vertrauensniveaus bestimmt.

Gleichzeitig wird auch eine obere Schranke zum gleichen Niveau errechnet. In diesem Fall wäre $-\lambda(p)$ zu ersetzen durch $-\infty$ und $+\lambda(p)$ wird eine obere Schranke für P % aller Werte.

$$\text{Somit gilt: } -\infty \leq \mu \leq \bar{X} + \lambda(p) \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}} . \quad (7)$$

Im zweiten Fall, also bei unbekannter Standardabweichung muß berücksichtigt werden, daß die aus der Stichprobe ermittelte Standardabweichung S selbst eine Zufallsgröße ist. Die Größe

$$\frac{\bar{X} - \mu}{S / \sqrt{n}}$$

ist dann studentverteilt mit $n - 1$ Freiheitsgraden. Es gilt analog

$$w \left(- \gamma(P, n-1) \leq \frac{\bar{X} - \mu}{S / \sqrt{n}} \leq \gamma(P, n-1) \right) = P \%$$

mit $\gamma(P, n-1)$ = zweiseitige Grenzen, zwischen denen $P \%$ der Werte liegen bei einer Student-Verteilung mit $n-1$ Freiheitsgraden

S = Standardabweichung der Stichproben

\bar{X} = Mittelwert der Stichprobe

μ = Mittelwert der Grundgesamtheit

n = Anzahl der Stichprobenwerte.

Dann gilt auch analog

$$\bar{X} - \gamma(P, n-1) \frac{S}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{X} + \gamma(P, n-1) \cdot \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (8)$$

für zweiseitige Konfidenzintervalle, beziehungsweise

$$-\infty \leq \mu \leq \bar{X} + \gamma(P, n-1) \frac{S}{n} \quad (9)$$

wenn $\gamma(P, n-1)$ der Wert sein soll, für den gilt, daß $P \%$ der Werte kleiner sind bzw. innerhalb der vorgegebenen Vertrauensgrenze liegen.

In diesem Zusammenhang muß festgestellt werden, daß die Student-Verteilung für $n \rightarrow \infty$ in die Standard-Normalverteilung übergeht. Dieser Sachverhalt ist auf den Bildern 3.5 und 3.6 dargestellt. Das bedeutet, daß sich die Fraktile der beiden Verteilungen beim gleichen Vertrauensniveau bei größer werden dem Stichprobenumfang immer mehr annähern. Nach /6/ kann als ungefährender Grenzwert angenommen werden, daß sich bei einem Stichprobenumfang größer 30 die ermittelten Intervalle kaum noch unterscheiden.

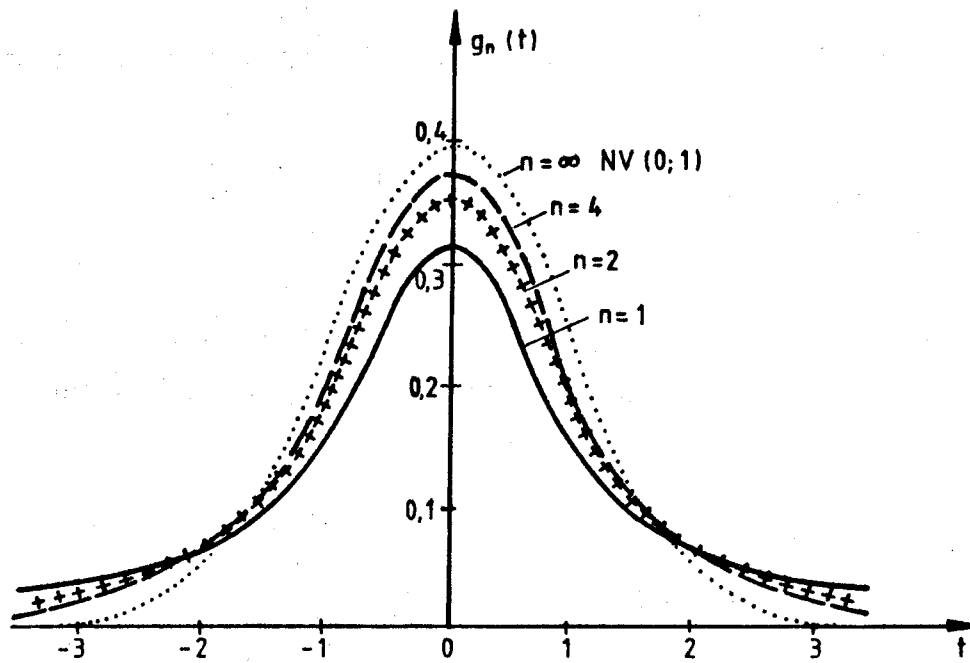


Bild 3.5: Dichte der Studentverteilung für verschiedene Freiheitsgrade

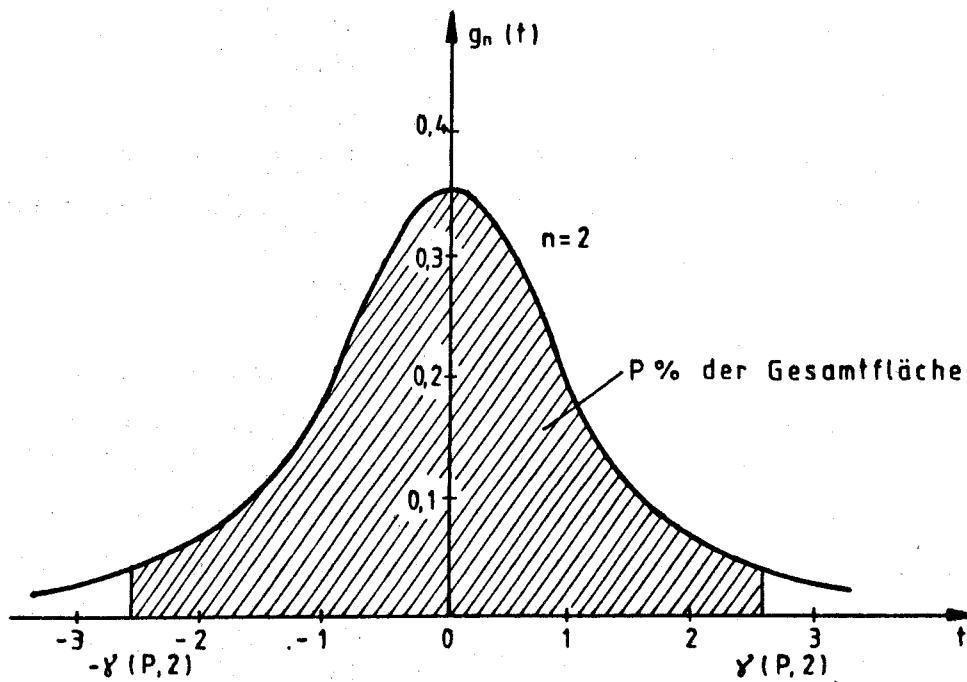


Bild 3.6: Zweiseitige Grenzen $\gamma(P, 2)$ bei Studentverteilung mit 2 Freiheitsgraden

Neben Konfidenzintervallen für die Mittelwerte werden im Programm auch Vertrauensintervalle für die Streuungen bestimmt. Zur Berechnung eines Vertrauensintervalls für die unbekannte Streuung der Grundgesamtheit muß beachtet werden, daß die Größe

$$\frac{(n-1) \cdot S^2}{\sigma^2}$$

χ^2 -verteilt ist mit $n-1$ Freiheitsgraden. Daher gilt ähnlich wie oben:

$$w(\chi^2(Q, n-1) \leq \frac{(n-1) S^2}{\sigma^2} \leq \chi^2(R, n-1)) = (R-Q) \%$$

mit: $\chi^2(Q, n-1)$ Grenzen, an denen Q bzw. R % der Werte kleiner sind unter Annahme einer χ^2 -Verteilung mit $n-1$ Freiheitsgraden.

In Bild 3.7 sind diese Grenzen für eine χ^2 -Verteilung mit 3 Freiheitsgraden dargestellt.

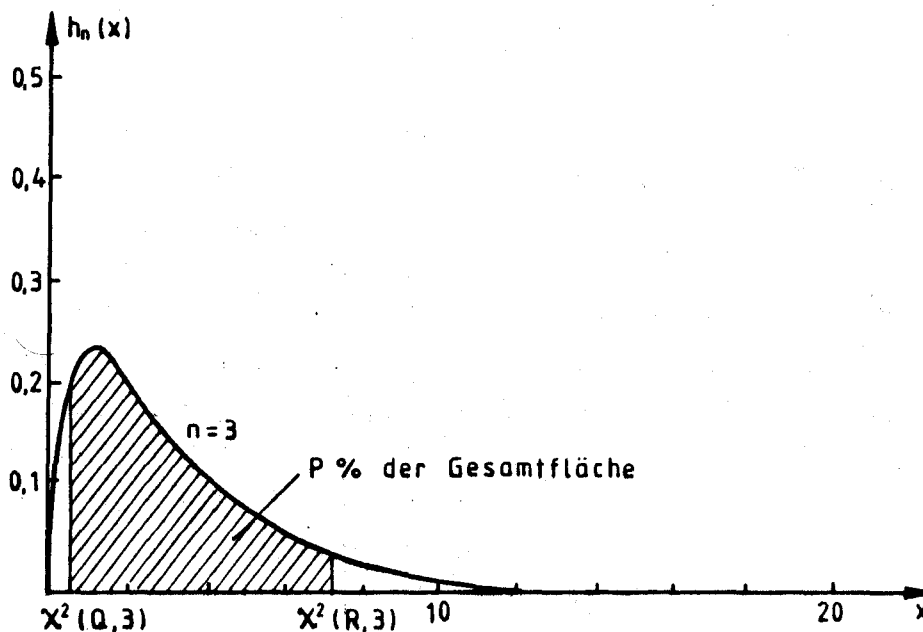


Bild 3.7: Grenzen der χ^2 -Verteilung mit 3 Freiheitsgraden, zwischen denen P % der Gesamtheit liegen

Beim zweiseitigen Intervall, das heißt P % der Werte liegen dazwischen, die restlichen jeweils zur Hälfte darunter bzw. darüber wird daraus

$$Q = \frac{100 - P}{2} \%$$

$$R = 100 - Q = \frac{100 + P}{2} \%$$

Das Vertrauensintervall für die die unbekannte Streuung σ ist dann gegeben durch

$$\frac{(n-1) \cdot S^2}{\chi^2(R, n-1)} \leq \sigma^2 \leq \frac{(n-1) \cdot S^2}{\chi^2(Q, n-1)} \quad (10)$$

mit: σ = Standardabweichung der Grundgesamtheit
S = Standardabweichung der Stichprobe
n = Anzahl der Stichprobenwerte

3.4 Erstellen von Zähllisten

Eine andere Form der Auswertung ist die Feststellung der Anzahl von einzelnen Codierungen. Im Programm kann die Untersuchung von bis zu fünf verschiedenen Spalten durchgeführt werden, wobei sich die Nummern am Formblatt für die Eingabe orientiert. Durch Wiederholung dieses Prozesses ist die Anzahl der auszuwertenden Größen praktisch unbegrenzt.

Die Größen der Hallen, die die Bedingungen erfüllen, werden eingelesen und die Anzahl der Hallen mit dieser Codierung wird um 1 erhöht. Abschließend wird die jeweilige Anzahl der einzelnen Codierungen sowie deren Bedeutung ausgedruckt.

3.5 Histogramme von kombinierten Größen

Für die Auswertung der Hallenvolumen, der bewerteten Brandlast oder anderen Größen, die als Ergebnis einer Verknüpfung von mehreren Werten ausgewertet werden sollen sind entsprechende Unterprogramme erforderlich, die die Formatsteuerung übernehmen damit die jeweils gewünschten Größen eingelesen und mit der gewünschten rechnerischen Beziehung verknüpft werden.

Derzeit sind im Programm die Auswertung der Hallenvolumen und der bewerteten Brandlast realisiert. Die jeweiligen Beziehungen sind einfache Multiplikationen. Durch die variable Formatsteuerung werden jeweils die Werte der entsprechenden Spalten eingelesen, die dann miteinander multipliziert werden. Abschließend werden die so gewonnenen Werte in einem Vektor für statistische Auswertungen abgespeichert. Dieser Vektor wird nach dem gleichen Verfahren ausgewertet, das unter 3.3 beschrieben wurde.

4. Auswertung der vorliegenden Daten über Industrie-Stahlhallen

4.1 Einteilung der Hallen in verschiedene Nutzungsarten

Aus unterschiedlich detaillierten Angaben über die Nutzung der betreffenden Halle mußten einzelne Gruppen gebildet werden. Dabei wurden in einem ersten Durchgang sehr eng aufgefaßte Nutzungsarten eröffnet. Beim Auftreten von Nutzungen, die nicht eindeutig einer bereits eröffneten Gruppe zugeordnet werden konnten, wurden neue Nutzungsarten gebildet. Auf diese Art und Weise ergaben sich ca. 25 Nutzungsarten. Dabei waren allerdings einige Gruppen sehr schwach besetzt, so daß eine statistische

Auswertung keine sinnvollen Ergebnisse versprochen hätte. Außerdem wurde erkennbar, daß es in vielen Fällen keiner scharfen Trennung bedarf, denn ähnliche Nutzungen erbrachten meist Brandlasten in gleicher Größenordnung. Gleichzeitig wurde aber auch beobachtet, daß einige Hallen von der Größe ihrer Brandlast her vollkommen aus dem Rahmen fielen, so daß für sie drei Gruppen mit Sondernutzungen gebildet wurden. Nach Umstellung und Zusammenfassung der einzelnen vorläufigen Nutzungsarten wurden schließlich aus den derzeit 144 Hallen für die Daten vorliegen, 15 Gruppen verschiedener Nutzungsarten gebildet. Im folgenden sind diese mit ihrem Umfang aufgeführt. Die laufende Nummer entspricht dabei der Codierung mit der Hallen dieser Art versehen wurden.

1) Lagerung brennbarer Stoffe in Mengen kleiner 150 kg/m ²	(NA 1)	20
2) Lagerung brennbarer Stoffe in Mengen größer 150 kg/m ²	(NA 2)	16
3) Herstellung und Lagerung brennbarer Stoffe in Mengen kleiner 150 kg/m ²	(NA 3)	9
4) Herstellung und Lagerung brennbarer Stoffe in Mengen größer 150 kg/m ²	(NA 4)	10
5) Lagerung von im wesentlichen nicht brennbaren Stoffen	(NA 5)	13
6) Montage von Straßen- und Schienenfahrzeugen	(NA 6)	17
7) Verarbeitung von Metallteilen	(NA 7)	19
8) Verarbeitung von Holz und Kunststoffen	(NA 8)	9
9) Herstellung von Teilen aus Metallwerkstoffen	(NA 9)	8

10) Montage, Produktion mit Lager von Elektroteilen	7
(NA 10)	
11) Unterstellung, Wartung und Verwertung von Kraft- fahrzeugen	5
(NA 11)	
12) Herstellung, Verarbeitung und Versand von mineralischen, keramischen und Glaswerkstoffen	5
(NA 12)	
13) Hallen der Kali- und Salzindustrie (Sondernutzung)	3
(NA 13)	
14) Umschlagbetriebe (Sondernutzung)	2
(NA 14)	
15) Kaltwalzwerk (Sondernutzung)	1
(NA 15)	

In Anhang 2 ist für alle Nutzungsarten die Beschreibung der Nutzung jeder Halle angegeben mit den zugehörigen Brandlasten, sowie bei den Nutzungsarten 1 bis 4 die Menge der im Brandabschnitt pro Quadratmeter vorhandenen brennbaren Stoffen.

Bei den Hallen in denen brennbare Stoffe hergestellt und gelagert werden, erschien es sinnvoll, nach dem Ausnutzungsgrad zu unterscheiden, um keine allzu großen Streuungen zu erhalten. Als Kriterium bot sich hier die Masse der gelagerten Stoffe pro Quadratmeter Grundfläche an. Für die Einteilung nach der Masse spricht die leichtere Handhabung der Ergebnisse in der täglichen Anwendung. Zur Zuordnung in die entsprechende Gruppe ist nur erforderlich, die Menge der brennbaren Stoffe zu bestimmen, ohne deren unterschiedliche Heizwerte zu berücksichtigen. Bei der Einordnung in eine der erwähnten Nutzungsart ist es erforderlich auch das brennbare Verpackungsmaterial zu berücksichtigen, so daß eine Halle in die Gruppe für die Lagerung brennbarer Stoffe eingeordnet werden mußte, obwohl der eigentlich zu lagernde Stoff nicht brennbar war (z.B. Halle 60).

Die Festlegung eines geeigneten Grenzwertes erfolgte einerseits über die Auswahl der Hallen, die dann in den einzelnen Nutzungsarten zusammengefaßt wurden und andererseits nach den dann sich einstellenden Verteilungen der Brandlasten. Als Grenzen wurden sowohl 200 kg/m^2 als auch 150 kg/m^2 untersucht, wobei sich die Grenze 150 kg/m^2 als die praktischere erwies, ohne daß eine Grenze von 200 kg/m^2 nennenswerte Nachteile gebracht hätte. Die Streuung war aber in beiden Fällen so groß, daß für die Hallen mit Lagerung sowie Herstellung und Lagerung weder die Normalverteilung noch die logarithmische Normalverteilung bei der vorliegenden Datensammlung angenommen werden kann. Für die praktische Anwendung bedeutet das, daß es für Lagerhallen kaum möglich sein wird, einen geeigneten Fraktilewert für die Brandlast zu finden, der einerseits ausreichende Sicherheit aber auch wirtschaftliche Bemessung bietet. Hier wird also zumindest vorerst immer eine Berechnung für den Einzelfall erforderlich und wirtschaftlich sein. Im folgenden wurden aber die Nutzungsarten 1 bis 4 in gleicher Weise ausgewertet wie die anderen Nutzungen.

Die Sondergruppen 13, 14 und 15 ergeben sich aus der Tatsache, daß bei der Kali- und Salz-Industrie Hallen mit sehr großen Höhen und Zwischenebenen vorliegen, die brandschutztechnisch nicht als Brandabschnitt angesehen werden können. Somit muß die Brandlast sämtlicher Ebenen auf die Grundfläche bezogen werden. In Nutzungsart 14 (Umschlagbetriebe) sind zwei Hallen im Hamburger Hafengebiet zusammengefaßt, in denen Papier bis zur weiteren Verfrachtung gelagert wird. Die Konzentration an brennbaren Stoffen ist so groß wie bei keiner anderen Halle sonst.

Die Nutzungsart 15 besteht nur aus einer einzigen Halle, einem Kaltwalzwerk. Die Brandlast von 718 kWh/m^2 besteht zu 96 % aus Öl. Diese hohe Brandlast fällt ganz aus dem Rahmen, der in Nutzungsart 9 (Herstellung von Teilen aus Metallwerkstoffen) mit einem Maximalwert von 133 kWh/m^2 vorgegeben ist, ein vergleichbares Bauwerk ist Halle 143 (Walzwerk mit Adjustagen) mit einer Brandlast von 31 kWh/m^2 .

In diesem Zusammenhang soll die Besichtigung eines Warm- und eines Kaltwalzwerkes erwähnt werden, bei der sich zeigte, daß die brandschutztechnische Bildung von Brandabschnitten den Verantwortlichen große Probleme bereitet, weil der jeweilige Produktionsprozeß diese Größen erfordert. Weiter konnte beobachtet werden, daß lokal zum Teil sehr hohe Brandlasten (z.B. Öl in Maschinen) auftreten, die dann aber geschützt gelagert werden und außerdem im Brandfall nicht zur Brandausbreitung führen, da sie isoliert sind, das heißt die Flammen können nicht auf die benachbarte Brandlast übergreifen. Nennenwerte Brandlasten entstehen außerdem nur noch durch Adjustagen in Form von Holzbrettern und Pappe. Aufgrund der riesigen Hallenabmessungen und im Mittel geringen Brandlasten geht die Flashoverwahrscheinlichkeit dieser Hallen praktisch gegen Null.

Die Nutzungsarten 13, 14 und 14 umfassen 3, 2 beziehungsweise nur eine Halle und konnten daher nicht ausgewertet werden. Die Daten der Hallen sind aber in Anhang 1 und die Beschreibung der entsprechenden Nutzungen in Anhang 2 aufgeführt.

4.2 Statistische Kenndaten

Für die Nutzungsarten 1 bis 12 wurde nach dem in 3.3 beschriebenen Verfahren die unbewertete Brandlast, der durchschnittliche m-Faktor und deren Produkt, die bewertete Brandlast, statistisch ausgewertet. Die nach den dort erläuterten drei verschiedenen Versionen gewonnenen Histogramme sind für die unbewertete Brandlast in Anhang 3, für den m-Faktor in Anhang 4 und für die bewertete Brandlast in Anhang 6 dargestellt. Die Numerierung besteht aus drei Ziffern, wobei die erste Ziffer die Nummern des Anhangs, die zweite Ziffer die Nutzungsart und die dritte Ziffer die entsprechende Version der Klasseneinteilung angibt, mit der die Histogramme erstellt wurden.

Die statistischen Kenngrößen und Konfidenzintervalle sind in Tabellen zusammengefaßt, die folgendermaßen aufgebaut sind. In Zeile 2 ist der Umfang der Stichprobe angegeben, aus der diese Kenngrößen ermittelt wurden. In den Zeilen 3 bis 7 sind Mittel-

wert, Standardabweichung, größte Abweichung vom Mittelwert mit der Angabe des Quotienten aus dieser Abweichung und der Standardabweichung, sowie der Variationskoeffizient angegeben, der durch Division der Standardabweichung durch Mittelwert gewonnen wurde. Diese Größen wurden aus den reellen Werten der einzelnen Hallen ermittelt und setzen für den Variationskoeffizienten voraus, daß die Stichprobe normalverteilt ist. In den Zeilen 8 bis 10 sind die statistischen Kenngrößen Mittelwert, Streuung und Standardabweichung für die Logarithmen der Einzelwerte angegeben. In den Zeilen 11 bis 13 sind Erwartungswert, Streuung und Variationskoeffizient angegeben, die sich ergeben würden, wenn die betrachtete Stichprobe mit den Parametern \bar{X}' und S' (Zeilen 8 und 10) logarithmisch normalverteilt wäre. Die Größen werden mit den in Abschnitt 3.3.2 angegebenen Formeln (Gleichungen 2 bis 4) ermittelt.

In den Zeilen 14 bis 23 sind Konfidenzintervalle für die unbekannten Parameter Mittelwert μ und Standardabweichung σ der Grundgesamtheit angegeben, jeweils zu einem Sicherheitsniveau von 90 %. Die zweiseitigen Intervalle für den Mittelwert sind symmetrisch zum Mittelwert der Stichprobe. In Zeile 14 sind die halben Intervallbreiten bei Annahme, daß σ bekannt ist, angegeben, in Zeile 17 für den Fall, daß σ unbekannt ist (vgl. 3.3.5). Aus den Zeilen 15, 16 beziehungsweise 18, 19 können die sich daraus ergebenden Unter- und Obergrenzen für den Mittelwert μ entnommen werden. In Zeile 20 und 21 werden einseitige Vertrauensgrenzen für den Mittelwert μ angegeben, die bei bekanntem σ aus Zeile 20, bei unbekanntem σ aus Zeile 21 hervorgehen. Für die unbekannte Standardabweichung σ der Grundgesamtheit sind in Zeile 22 die Untergrenze, in Zeile 23 die Obergrenze des Vertrauensbereiches angegeben.

Für die Anpassungstests waren bei den meisten Nutzungsarten die in Abschnitt 3.3.4 angegebenen Bedingungen nicht erfüllt. Dies lag fast immer am mangelnden Stichprobenumfang, denn es sollen möglichst in keiner Klasse weniger als fünf Werte vorliegen, damit der Test noch Aussagekraft hat. Ein weiteres Problem liegt darin, daß für einen statistisch korrekten Test

die Anzahl der Klassen nach Zusammenlegung mindestens vier betragen muß, damit der Freiheitsgrad nicht kleiner eins wird. Unter der Annahme, daß die Parameter Mittelwert und Standardabweichung der Stichprobe den Werten der Grundgesamtheit entsprechen, lassen sich für die Nutzungsarten 1, 2, 6 und 7, die einen Stichprobenumfang größer 15 haben Anpassungstests durchführen. In der folgenden Beschreibung sollen nur die Tests erwähnt werden, die unter dieser Annahme brauchbare Ergebnisse liefern. Im übrigen kann die Anpassung an Normalverteilung und logarithmische Normalverteilung auch anhand der in die Histogramme eingezeichneten Vergleichsfunktionen abgeschätzt werden.

4.2.1 Auswertung der unbewerteten Brandlasten der einzelnen Nutzungsarten

Die ermittelten Histogramme sind als Anhang 3 beigelegt. Die Ergebnisse für die Nutzungsarten 1 bis 4, also alle Lager in denen brennbare Stoffe gelagert beziehungsweise hergestellt und gelagert werden, sind in Tabelle 4.1.1 zusammengefaßt. Der Variationskoeffizient (Zeile 5) liegt etwa in der gleichen Größenordnung (0,70 bis 0,85) wie bei den anderen ausgewerteten Nutzungsarten nach (Tabelle 4.1.2). Die absoluten Abweichungen in der Größe der Brandlast der einzelnen Nutzungsarten dagegen sind von entscheidender Bedeutung für eine Bemessung, bei der die erforderliche Feuerwiderstandsdauer und damit auch die Anforderungen an die einzelnen Bauteile bestimmt werden. Die einseitigen Konfidenzintervalle, das heißt, eine obere Schranke für den Mittelwert der Grundgesamtheit zum Niveau von 90 % sind bei den höher ausgenutzten Hallen (Menge der brennbaren Stoffe größer 150 kg/m²) etwa um den Faktor 9 höher als bei den niedriger ausgenutzten Hallen. Dies gilt sowohl für die Lagerung als auch für die Hallen in denen brennbare Stoffe hergestellt und gelagert werden, während diese obere Schranke für Hallen mit Herstellung und Lagerung nur ca. 73 % des Wertes für Hallen mit reiner Lagerung beträgt.

Wegen der unsymmetrischen Form der χ^2 -Verteilung sind die Unterschiede für die Vertrauensgrenzen bei der Standardabweichung weiter gestreut. Die Grenzen für σ durch höhere Ausnutzung liegen etwa um den Faktor 8 bis 10 über den Werten für geringere Ausnutzung, während beim Vergleich der Nutzungen Lagerung mit Herstellung und Lagerung die Brandlast im zweiten Fall 76 bis 85 % des Wertes bei den Lagern beträgt.

Die Anpassungstests konnten für die Nutzungsarten 3 und 4 nicht durchgeführt werden, weil die Bedingungen für die Klassenzusammensetzungen nicht erfüllt waren. Für die Nutzungsart 1 konnte für die Häufigkeitsverteilungen bei den ersten beiden Formen der Klasseneinteilungen mit einer Ausschlußwahrscheinlichkeit von 93 % Normalverteilung angenommen werden, für die dritte Form mußte dagegen mit einer Wahrscheinlichkeit von 97 % diese Hypothese abgelehnt werden, wenn man als Annahmeschranke 95 % Wahrscheinlichkeit annimmt, was im folgenden immer getan wird. Die Annahme einer logarithmischen Normalverteilung dagegen liefert mit einer Wahrscheinlichkeit von 37 % ein sehr hohes Maß an Sicherheit für diese Hypothese. Für Nutzungsart 2 konnte lediglich für die zweite Version der Klasseneinteilung die Annahme einer Normalverteilung mit einer Ausschlußwahrscheinlichkeit von 58 % angenommen werden, während bei allen anderen Einteilungen, auch bei Vermutung einer logarithmischen Normalverteilung die Voraussetzungen für die Durchführung des Anpassungstests nicht erfüllt waren. Die ganzen Ausführungen gelten für die Annahme, daß die Stichprobenparameter μ und σ den Parametern der Grundgesamtheit entsprechen. Die Werte wurden aus der χ^2 -Verteilung mit einem Freiheitsgrad ermittelt.

Für die Nutzungsarten 5 bis 12 sind die entsprechenden statistischen Größen in Tabelle 4.1.2 zusammengestellt. Der größte Mittelwert einer Nutzungsart beträgt mit 84.56 kWh/m² für Nutzungsart 8 (Verarbeitung von Holu und Kunststoffen), nur das 2.3 fache des kleinsten Wertes der Nutzungsart 5 (Lagerung von im wesentlichen nicht brennbaren Materialien), genauso wie die größte Standardabweichung mit 62.45 kWh/m² bei Nutzungsart 12

(Herstellung, Verarbeitung und Versand von mineralischen, keramischen und Glaswerkstoffen) dem 2.3 fachen Wert der kleinsten Standardabweichung der Nutzungsart 5 entspricht. Die große Abweichung bei Nutzungsart 12 rührt im wesentlichen daher, daß beim Versand hohe Mengen an brennbarem Verpackungsmaterial auftritt, das bei der reinen Herstellung entfällt.

Die Konfidenzintervalle reichen in den einzelnen Nutzungsarten von 22 bis 137 kWh/m² maximal, bei Annahme von unbekannter Standardabweichung für zweiseitige Vertrauensgrenzen. Bei einseitigen Grenzen wird die maximale Differenz zwischen den Obergrenzen der Nutzungsarten mit 74.5 kWh/m² relativ klein. Die Unterschiede in den einzelnen Nutzungsarten sind auf jeden Fall nicht mehr signifikant wie bei den Nutzungsarten 1 bis 4.

Weiterhin sind auch die Unterschiede in den Einzelwerten jeder Halle verschmiert, das heißt, es zeigt sich eigentlich für keine Nutzungsart von 5 bis 12 ein prädestinierter Bereich, in dem die Größe der Brandlast liegt, sondern die Werte erstrecken sich mehr oder weniger über den gesamten Bereich von 5 bis 178 kWh/m² (Halle 66). Obige Überlegungen führten dazu, diese Hallen in ihrer Gesamtheit auszuwerten, was in Abschnitt 4.2.4 geschehen soll. Die Anpassungstests konnten mit obigen Einschränkungen nur für die verhältnismäßig stark besetzten Nutzungsarten 6 und 7 mit 17 beziehungsweise 19 Einzelwerten durchgeführt werden. Für Ablehnung der Annahme einer Normalverteilung liegen die Wahrscheinlichkeiten zwischen 63 und 77 % bei Nutzungsart 6 (Montage von Straßen- und Schienenfahrzeugen) und zwischen 90 und 95 % bei Nutzungsart 7 (Verarbeitung von Metallteilen). Die Annahme einer logarithmischen Normalverteilung zeigt dagegen mit Werten von 33 % (NA 6) beziehungsweise 46 % (NA 7) relativ gute Ergebnisse.

S Z	1	2	3	4	5				
1		NA 1	NA 2	NA 3	NA 4				
2	Umfang n	20	16	9	10				
3	Mittelwert \bar{X}	494.80	4265.94	329.17	2755.73				
4	Standardab. S	349.62	2935.14	237.66	2374.20				
5	Variationsk. $\frac{S}{x}$	0.71	0.69	0.72	0.86				
6	gr.Abw. ΔX_{\max}	866.20	4826.86	348.53	5367.47				
7	$\frac{\Delta X_{\max}}{S}$	2.48	1.64	1.47	2.26				
8	Mittelw.d.Ln \bar{X}'	5.98	8.09	5.51	7.64				
9	Streu.d.Ln S'^2	0.49	0.65	0.73	0.58				
10	Standab.d.Ln S'	0.70	0.81	0.85	0.76				
11	Erwart.w: Gl. (2)	502.37	4494.6	356.42	2779.7				
12	Streuung: Gl. (3)	158970	18521000	135470	6026400				
13	Variat.k.:Gl. (4)	0.79	0.96	1.03	0.88				
14	Konfidenzintervall 90 %	für Mittelwert μ	zweiseitig	bekannt	Δ	± 128.59	± 1207.4	± 130.3	± 1234.9
15					min	366.21	3058.54	198.87	1520.83
16					max	623.39	5473.34	459.47	3990.63
17		unbekannt	Δ	± 135.18	± 1286.8	± 147.3	± 1376.3		
18				min	359.62	2979.14	181.87	1379.43	
19				max	629.98	5552.74	476.47	4132.03	
20		einseitig	ober	max	594.98	5206.7	430.7	3717.9	
21				max	598.59	5250.0	439.8	3794.1	
22	Standard- abw. σ zweiseitig			min	277.6	2275	170.7	1732	
23				max	479.1	4220	406.6	3906	

Tabelle 4.1.1: Unbewertete Brandlast

S Z	1	2	3	4	5	6	7	8	9				
1		NA 5	NA 6	NA 7	NA 8	NA 9	NA 10	NA 11	NA 12				
2	Umfang n	13	17	19	9	8	7	5	5				
3	Mittelwert \bar{X}	36.15	40.06	38.60	84.56	66.16	65.16	52.44	78.26				
4	Standardab. S	27.77	29.19	33.29	48.19	46.83	31.68	29.63	62.45				
5	Variationsk. $\frac{S}{x}$	0.77	0.73	0.86	0.57	0.71	0.49	0.56	0.80				
6	gr.Abw. ΔX_{\max}	69.55	71.94	76.60	81.44	67.04	36.36	38.26	99.9				
7	$\frac{\Delta X_{\max}}{S}$	2.50	2.46	2.30	1.69	1.43	1.15	1.29	1.60				
8	Mittelw.d.Ln \bar{X}'	3.34	3.42	3.24	4.29	3.82	4.05	3.83	4.05				
9	Streu.d.Ln S'^2	0.57	0.66	1.01	0.33	1.22	0.32	0.31	0.94				
10	Standab.d.Ln S'	0.75	0.81	1.00	0.57	1.11	0.57	0.56	0.97				
11	Erwart.w: Gl.(2)	37.59	42.58	42.3	86.2	83.9	67.5	54.0	91.4				
12	Streuung: Gl.(3)	1081	1699	3115	2873	16865	1751	1074	12931				
13	Variat.k.:Gl.(4)	0.87	0.97	1.32	0.62	1.55	0.62	0.61	1.24				
14	Konfidenzintervall 90 %	für Mittelwert μ	zweiseitig	bekannt	Δ	+12.67	+11.65	+12.56	+26.42	+27.2	+19.7	+21.8	+45.9
15					min	23.48	28.41	26.04	58.14	38.96	45.46	30.64	32.36
16					max	48.82	51.71	51.16	110.98	93.36	84.86	74.24	124.16
17			unbekannt	Δ	+13.73	+12.36	+13.25	+29.87	+31.40	+23.3	+28.2	+59.5	
18				min	22.42	27.70	25.35	54.69	34.76	41.86	24.24	18.76	
19				max	49.88	52.42	51.85	114.43	97.56	88.46	80.64	137.76	
20		einseitig	unbe. obo.	max	46.02	49.13	48.4	105.14	87.4	80.5	69.4	114.0	
21				max	46.59	49.52	48.8	107.00	89.6	82.4	72.8	121.1	
22	Standard- abw. σ zweiseitig		min	21.0	22.8	26.3	34.6	33.0	20.4	19.2	40.5		
23			max	42.1	41.4	46.1	82.5	84.2	69.8	70.3	148.1		

Tabelle 4.1.2: Unbewertete Brandlast

4.2.2 Auswertung der durchschnittlichen m-Faktoren der einzelnen Nutzungsarten

Bei den ermittelten m-Faktoren zeigen sich nicht diese großen Unterschiede für die einzelnen Mittelwerte jeder Nutzungsart. Die ermittelten Werte für die statistischen Parameter und die Konfidenzintervalle zum Niveau von 90 % sind in gleicher Weise wie in Absch. 4.1 beschrieben in den Tabellen 4.2.1 und 4.2.2 dargestellt. Die ermittelten Histogramme sind als Anhang 4 beigelegt.

Der maximale Mittelwert der Nutzungsart 1 liegt mit 0,91 um das 2.2 fache über dem kleinsten Wert der Nutzungsart 9 (Herstellung von Teilen aus Metallwerkstoffen) von 0.41. Der m-Faktor ist in Nutzungsart 9 deshalb so viel kleiner als in den anderen Nutzungsarten, weil die Brandlast dort im wesentlichen aus Kabeltrassen und Ölen in geschützten Systemen resultiert, während bei den anderen Nutzungsarten die Brandlast zum größten Teil aus Verpackungsmaterial wie Holz und Pappe in relativ loser Lagerung besteht. Dieser Trend ist auch bei den Nutzungsarten 1 bis 4 erkennbar. Die Mittelwerte der m-Faktoren liegen bei hoher Ausnutzung wegen hoher Lagerungsdichte um 0.2 niedriger als bei geringer Ausnutzung. Die zweiseitigen Konfidenzintervalle liegen, wenn man von Nutzungsart 9 absieht, im Bereich zwischen 0.5 und 1.0, wobei auch in Nutzungsart 9 diese untere Grenze erreicht wird. Die oberen Schranken für die Mittelwerte der m-Faktoren der einzelnen Nutzungsarten liegen bei 0.8 bis 1.0 mit Ausnahme der hoch ausgenutzten Hallen der Nutzungsarten 2 und 4 sowie der Nutzungsart 9, die in einer Größenordnung von 0.5 bis 0.7 liegen.

Die Vertrauensbereiche für die Standardabweichungen der einzelnen Nutzungsarten liegen grob in einer Größenordnung von etwa 0.1 bis 0.3. Bezüglich der Anpassungstests gilt das in Abschnitt 4.2.1 Gesagte. Die Tests konnten nur für die Nutzungsarten 1, 2, 6, 7 und bedingt 5 durchgeführt werden.

Die Ausschlußwahrscheinlichkeiten für die Annahme von Normalverteilungen liegen im allgemeinen bei etwa 20 bis 40 %, wobei bei einzelnen Einteilungen auch Werte um 80 % auftraten. Dabei ist die Normalverteilung eine gleichwertige Annahme zur Vermutung, daß die m-Faktoren der einzelnen Nutzungsarten logarithmisch normalverteilt sind. Im Gegensatz zur unbewerteten Brandlast, wo eher die logarithmische Normalverteilung als Verteilungsfunktion für die Grundgesamtheit angenommen werden kann. Den besten Testwert hatte die Nutzungsart 5 (Lagerung von im wesentlichen nicht brennbaren Stoffen) bei der Klasseneinteilung nach größtem und kleinstem Wert (1. Version) mit 8.62 %, allerdings nach Zusammenlegung der einzelnen Klassen zu 2 Klassen, so daß wieder nur der erste Test mit den bekannten Einschränkungen durchgeführt werden konnte.

Die Nutzungsarten 1, 5, 6 und 7 zeigen in den Histogrammen gute Übereinstimmung mit Normalverteilung und logarithmischer Normalverteilung, die sich bei der Größenordnung in der die Werte liegen kaum unterscheiden, denn die Differenz zwischen den realen Größen und deren Logarithmen werden im Bereich von 1 zu einem Minimum. Ganz deutlich zeigt sich dieser Unterschied bei den Histogrammen von Brandlasten im Vergleich zu denen von den m-Faktoren der verschiedenen Nutzungsarten (vgl. Anhang 3 und 4).

Aufgrund dieser Beobachtungen kann gesagt werden, daß die m-Faktoren innerhalb einer Nutzungsart sowohl durch Normalverteilungen als auch logarithmische Normalverteilungen annähern lassen, während bei der unbewerteten Brandlast eher eine logarithmisch normalverteilte Grundgesamtheit vermutet werden kann. Es ist bemerkenswert, daß die Anpassungstests mit allen schon mehrfach erwähnten Einschränkungen, bei den relativ stark besetzten Nutzungsarten mehr oder weniger gute Übereinstimmung zwischen den Histogrammen und den ermittelten Dichtefunktionen der Verteilungen ergeben haben. Die Hypothesen für die angenommenen Verteilungen wurden nur ganz selten abgelehnt.

S Z	1	2	3	4	5	
1		NA 1	NA 2	NA 3	NA 4	
2	Umfang n	20	16	9	10	
3	Mittelwert \bar{X}	0.83	0.62	0.76	0.56	
4	Standardab. S	0.17	0.23	0.15	0.15	
5	Variationsk. $\frac{S}{\bar{X}}$	0.21	0.37	0.20	0.27	
6	gr.Abw. ΔX_{\max}	0.39	0.42	0.22	0.43	
7	$\frac{\Delta X_{\max}}{S}$	2.30	1.83	1.45	2.84	
8	Mittelw.d.Ln \bar{X}'	- 0.21	- 0.57	- 0.29	- 0.65	
9	Streu.d.Ln S'^2	0.05	0.22	0.04	0.24	
10	Standab.d.Ln S'	0.22	0.47	0.20	0.49	
11	Erwart.w: Gl.(2)	0.83	0.63	0.77	0.59	
12	Streuung: Gl.(3)	0.03261	0.09901	0.0229	0.0923	
13	Variat.k.:Gl.(4)	0.22	0.50	0.20	0.52	
14	Konfidenzintervall 90 % für Mittelwert μ zweiseitig	Δ	± 0.063	± 0.094	± 0.083	± 0.079
15		bekannt min	0.767	0.526	0.677	0.481
16		σ max	0.893	0.714	0.843	0.639
17		Δ	± 0.066	± 0.100	± 0.094	± 0.088
18		unbekannt min	0.764	0.520	0.666	0.472
19		σ max	0.896	0.720	0.854	0.648
20		einseitig unbe. o. be. max	0.876	0.691	0.829	0.621
21		max	0.877	0.694	0.835	0.626
22	Standard- abw. σ zweiseitig min	0.136	0.177	0.109	0.110	
23	max	0.234	0.328	0.259	0.249	

Tabelle 4.2.1:

m - Faktor

S Z	1	2	3	4	5	6	7	8	9				
1		NA 5	NA 6	NA 7	NA 8	NA 9	NA 10	NA 11	NA 12				
2	Umfang n	13	17	19	9	8	7	5	5				
3	Mittelwert \bar{X}	0.91	0.78	0.71	0.89	0.41	0.79	0.84	0.90				
4	Standardab. S	0.11	0.15	0.14	0.16	0.20	0.06	0.10	0.13				
5	Variationsk. $\frac{S}{x}$	0.12	0.19	0.19	0.19	0.50	0.08	0.12	0.15				
6	gr.Abw. ΔX_{\max}	0.25	0.36	0.26	0.32	0.35	0.11	0.14	0.20				
7	$\frac{\Delta X_{\max}}{S}$	2.39	2.41	1.87	1.95	1.70	1.73	1.40	1.51				
8	Mittelw.d.Ln \bar{X}'	-0.11	-0.26	-0.36	-0.14	-1.00	-0.23	-0.18	-0.12				
9	Streu.d.Ln S'^2	0.02	0.04	0.04	0.04	0.20	0.01	0.01	0.02				
10	Standab.d.Ln S'	0.13	0.20	0.20	0.19	0.45	0.08	0.12	0.16				
11	Erwart.w: Gl. (2)	0.91	0.78	0.72	0.88	0.41	0.79	0.84	0.90				
12	Streuung: Gl. (3)	0.01338	0.02438	0.02187	0.02814	0.03796	0.00362	0.01051	0.0205				
13	Variat.k.:Gl. (4)	0.13	0.20	0.21	0.19	0.48	0.08	0.12	0.16				
14	Konfidenzintervall 90 %	für Mittelwert μ	zweiseitig	bekannt	Δ	+0.049	+0.060	+0.052	+0.090	+0.118	+0.038	+0.073	+0.098
15					min	0.861	0.720	0.658	0.800	0.292	0.752	0.767	0.802
16					max	0.959	0.840	0.762	0.980	0.528	0.828	0.913	0.998
17			unbekannt	Δ	+0.053	+0.064	+0.055	+0.101	+0.136	+0.045	+0.095	+0.127	
18				min	0.857	0.716	0.655	0.789	0.274	0.745	0.745	0.773	
19				max	0.963	0.844	0.765	0.991	0.546	0.835	0.935	1.027	
20		einseitig	unbek., ob.	max	0.944	0.829	0.755	0.951	0.499	0.824	0.900	0.974	
21				max	0.946	0.831	0.756	0.958	0.508	0.828	0.911	0.989	
22	Standard- abw. σ	zweiseitig	min	0.080	0.118	0.108	0.117	0.143	0.042	0.065	0.087		
23			max	0.161	0.214	0.190	0.280	0.365	0.117	0.237	0.317		

Tabelle 4.2.2:

m - Faktor

4.2.3 Auswertung der bewerteten Brandlasten der einzelnen Nutzungsarten

Als weitere Größe wurde die bewertete Brandlast als Kombination der in 4.2.1 und 4.2.2 untersuchten Größen untersucht. Die Ergebnisse für die statistischen Kenngrößen und Konfidenzintervalle sind in der erwähnten Form in den Tabellen 4.3.1 und 4.3.2 dargestellt. Es zeigt sich das erwartete Ergebnis, daß bei den in Tabelle 4.3.1 dargestellten Hallen mit Lagerung sowie Herstellung und Lagerung brennbarer Stoffe, die Unterschiede zwischen unterschiedlichen Ausnutzungsgraden sowohl in den ermittelten Mittelwerten als auch den einseitigen Konfidenzintervallen etwas geringer geworden sind. Dies ist bedingt durch niedrigere m-Faktoren der hoch ausgenutzten Hallen. Die bewerteten Brandlasten liegen nur noch etwa um den 6 bis 7-fachen Betrag über denen der weniger stark ausgenutzten Hallen, während die bewerteten Brandlasten der Hallen mit Herstellung und Lagerung noch etwa 65 bis 75 % derjenigen von Hallen mit überwiegender Lagerung betragen.

Die Variationskoeffizienten sind unter Zugrundelegung der Normalverteilung teilweise größer und teilweise kleiner geworden, was für keine prinzipielle Veränderung der Verteilungsfunktionen spricht. Auch die Anpassungstests zeigen das gleiche Bild wie für unbewertete Brandlasten. Für die Nutzungsarten 1, 2, 6, 7 und bedingt 5 zeigen die Histogramme im Anhang 5 Anpassungsfähigkeit an Normalverteilung und logarithmische Normalverteilung, die trendmäßig mit 20 bis 60 % Ausschlußwahrscheinlichkeit wesentlich besser liegt als für die Annahme einer Normalverteilung, die mit einer Ausnahme von 38 % sonst nur Werte über 85 % Ausschlußwahrscheinlichkeit erreicht.

Die Nutzungsarten 5 und 7 lassen sich sehr gut durch logarithmische Normalverteilung annähern (Anhang 5.5.1 und 5.7.1), während die Vergleichsfunktion für Normalverteilung doch relativ weit von der beobachteten Häufigkeitsverteilung abweicht.

S Z	1	2	3	4	5				
1		NA 1	NA 2	NA 3	NA 4				
2	Umfang n	20	16	9	10				
3	Mittelwert \bar{X}	394.04	2294.31	235.85	1566.02				
4	Standardab. S	255.38	1650.05	160.31	1491.34				
5	Variationsk. $\frac{s}{x}$	0.65	0.69	0.68	0.95				
6	gr.Abw. ΔX_{\max}	553.22	3079.56	300.72	3324.15				
7	$\frac{\Delta X_{\max}}{S}$	2.17	1.87	1.88	2.23				
8	Mittelw.d.Ln \bar{X}'	5.76	7.52	5.23	6.99				
9	Streu.d.Ln S'^2	0.47	0.63	0.60	0.80				
10	Standab.d.Ln S'	0.69	0.79	0.77	0.89				
11	Erwart.w: Gl. (2)	403.36	2522.58	251.54	1618.28				
12	Streuung: Gl. (3)	98293	5602200	52022	3715100				
13	Variat.k.:Gl. (4)	0.78	0.94	0.91	1.11				
14	Konfidenzintervall 90 %	für Mittelwert μ	zweiseitig	bekannt	Δ	± 93.9	± 678.5	± 87.9	± 775.7
15					min	300.14	1615.81	147.95	790.32
16					max	487.94	2972.81	323.75	2341.72
17			unbekannt	Δ	± 98.7	± 723.2	± 99.4	± 864.5	
18				min	295.34	1571.11	136.45	701.52	
19				max	492.74	3017.51	335.25	2430.52	
20		einseitig	oben	max	467.2	2923.0	304.3	2170.4	
21				max	469.9	2947.3	310.5	2218.3	
22	Standard- abw. σ	zweiseitig	min	202.8	1278	115.1	1088		
23			max	350.0	2372	274.3	2454		

Tabelle 4.3.1 : Bewertete Brandlast

<div>S</div> <div>Z</div>	1	2	3	4	5	6	7	8	9					
1		NA 5	NA 6	NA 7	NA 8	NA 9	NA 10	NA 11	NA 12					
2	Umfang n	13	17	19	9	8	7	5	5					
3	Mittelwert \bar{X}	32.20	29.41	27.29	77.79	28.44	51.62	42.62	65.62					
4	Standardab. S	23.68	18.06	23.71	51.80	28.99	25.22	21.23	43.53					
5	Variationsk. $\frac{s}{x}$	0.74	0.61	0.87	0.67	1.02	0.49	0.50	0.66					
6	gr.Abw. ΔX_{\max}	49.40	31.70	54.37	83.40	62.41	29.40	31.03	58.11					
7	$\frac{\Delta X_{\max}}{S}$	2.09	1.76	2.29	1.61	2.15	1.17	1.46	1.33					
8	Mittelw.d.Ln \bar{X}'	3.24	3.16	2.89	4.15	2.82	3.82	3.66	3.93					
9	Streu.d.Ln S'^2	0.55	0.57	1.01	0.46	1.46	0.32	0.24	0.81					
10	Standab.d.Ln S'	0.74	0.75	1.00	0.68	1.21	0.57	0.49	0.90					
11	Erwart.w: Gl. (2)	33.50	31.19	29.77	80.04	34.83	53.51	43.60	76.34					
12	Streuung: Gl. (3)	822.85	742.14	1541.5	3755.9	3990.5	1097.3	514.56	7293.6					
13	Variat.k.:Gl. (4)	0.86	0.87	1.32	0.77	1,81	0.62	0.52	1.12					
14	Konfidenzintervall 90 %	für Mittelwert μ	zweiseitig	bekannt	Δ	± 10.80	± 7.21	± 8.95	± 28.40	± 16.86	± 15.68	± 15.62	± 32.02	
15					min	21.40	22.20	18.34	49.39	11.58	35.93	27.00	33.89	
16					max	43.00	36.62	36.24	106.19	45.30	67.31	58.24	97.93	
17				unbekannt	Δ	± 11.70	± 7.65	± 9.43	± 32.11	± 19.42	± 18.52	± 20.24	± 41.50	
18					min	20.50	21.76	17.86	45.68	9.02	33.10	22.38	24.41	
19					max	43.90	37.06	36.72	109.90	47.86	70.14	62.86	107.41	
20			einseitig	unbekannt	max	40.62	35.02	34.26	99.92	41.57	63.87	54.78	90.86	
21					max	41.11	35.26	35.53	101.91	42.94	65.37	57.17	95.76	
22	Standard- abw. σ	zweiseitig	min	17.89	14.09	18.72	37.21	20.45	17.41	13.79	28.27			
23			max	35.88	25.60	32.83	88.63	52.10	48.30	50.37	103.27			

Tabelle 4.3.2: Bewertete Brandlast

Auch die Besonderheiten der in Tabelle 4.3.2 dargestellten Hallen mit geringen Brandlasten bleiben erhalten. Die Testwerte für den Anpassungstest sind zum Teil besser, zum Teil schlechter als bei unbewerteten Brandlasten, aber es läßt sich keine gravierende Abweichung erkennen, die an sich auch nicht zu erwarten ist.

4.2.4 Auswertung der Nutzungsarten 5 bis 12

Wie schon erwähnt wurden diese Nutzungsarten, also alle Hallen mit niedrigen Brandlasten, die nicht den Lagern oder Herstellung mit Lagerung brennbarer Stoffe sowie den in den Nutzungsarten 13 bis 15 eingeordneten Sondernutzungsarten angehören, gemeinsam ausgewertet. Die damit vorliegende Stichprobe hat mit 83 Hallen einen relativ großen Umfang, der in statistischer Hinsicht aussagekräftige Resultate verspricht. Die Ergebnisse für die Auswertung sind in Tabelle 4.4 für unbewertete und bewertete Brandlast sowie den durchschnittlichen m-Faktor dargestellt.

Bei der unbewerteten Brandlast dieser Hallen ergibt sich ein Mittelwert von 51.63 kWh/m^2 bei einer Standardabweichung von 39.31 kWh/m^2 , wobei der größte Wert um die 3.22 fache Standardabweichung vom Mittelwert abweicht. Diese Werte liegen in etwa auch in der Größenordnung der einzelnen Nutzungsarten und bedeuten somit keine wesentliche Veränderung bei einer sich anschließenden Bemessung nach aus dieser statistischen Untersuchung ermittelten Fraktilenwerten. Die zweiseitigen Konfidenzintervalle für den Mittelwert der Grundgesamtheit der in dieser Auswertung zusammengefaßten Nutzungsarten liegen zwischen 44 und 59 kWh/m^2 , wobei sich kaum ein Unterschied zeigt zwischen dem Intervall, das unter der Annahme von bekannter Standardabweichung ermittelt wurde, zu dem Intervall, das sich für unbekannte Standardabweichung ergibt. Die einseitige obere Schranke für den Mittelwert liegt bei 57 kWh/m^2 , während die Standardabweichung der Grundgesamtheit zwischen 35 und 45 kWh/m^2 liegt.

Sowohl die Histogramme (Anhang 6.1.1 - 6.1.3) als auch die Anpassungstests zeigen ganz deutlich, daß sich die Verteilung der Brandlast sehr gut durch logarithmische Normalverteilung annähern läßt, während die Annahme einer Normalverteilung nicht gerechtfertigt erscheint. Die Tests liefern für Annahme einer Normalverteilung Werte von 100 % Ablehnung der Annahme, daß die vorliegende Stichprobe normalverteilt ist, sowohl für die Annahme, daß die Parameter Mittelwert und Standardabweichung bekannt sind, als auch für nicht bekannte Parameter. Dabei besteht die Stichprobe nach Klassenzusammenlegung genauso aus 8 Klassen wie beim Anpassungstest an logarithmische Normalverteilung. In diesem Fall aber liegen die Testwerte bei 38 % unter der Annahme, daß die Stichprobenparameter Mittelwert und Standardabweichung mit denen der Grundgesamtheit übereinstimmen, während er beim statistisch korrekten Test immerhin noch 60 % beträgt, der aus χ^2 -Verteilung mit 5 Freiheitsgraden ermittelt wurde.

Für die Beurteilung der m-Faktoren dieser Hallen gilt, daß der Mittelwert bei 0.77 die Standardabweichung mit einem Variationskoeffizienten von 0.25 bei 0.19 liegt, wobei die größte Abweichung vom Mittelwert der 2.76 fachen Standardabweichung entspricht. Diese Werte liegen etwa im Rahmen der einzelnen Nutzungsarten (vgl. Abschnitt 4.2.2), wobei nur Nutzungsart 9 (Herstellung von Teilen aus Metallwerkstoffen) im Mittelwert mit 0.41 nennenswert abweicht.

Eine Annäherung der Verteilung durch Normalverteilung sowie logarithmische Normalverteilung erscheint sowohl aufgrund der Anpassungstests, die zwischen 91 und 100 % Ablehnungswahrscheinlichkeit liegen, als auch bei Betrachtung der Histogramme (Anhang 6.2.1 bis 6.2.3) nicht gerechtfertigt, wobei festzustellen bleibt, daß die Annäherung durch Normalverteilung eher zu vertreten ist als eine Darstellung durch logarithmische Normalverteilung.

Die Untersuchung der bewerteten Brandlast dagegen zeigt, daß hier wiederum eine Annäherung der Verteilung durch logarithmische Normalverteilung möglich ist. Die Anpassungstests liefern Ablehnungswahrscheinlichkeiten von 60 % bei der

Annahme, daß die Stichprobenparameter Mittelwert und Standardabweichung mit den entsprechenden Größen übereinstimmen und von 82 % für den statistisch korrekten Test. Hierbei entstehen nach Klassenzusammenlegung noch 7 Klassen. Die Anpassung ist somit etwas schlechter als bei der unbewerteten Brandlast, aber immer noch in einem vertretbaren Rahmen. Dies zeigen auch die in Anhang 6.3.1 bis 6.3.3 dargestellten Histogramme.

Der Mittelwert dieser Stichprobe liegt bei 39 kWh/m^2 , während die Standardabweichung bei einem Variationskoeffizienten von 0.83 einen Wert von 32.5 kWh/m^2 annimmt. Der größte Wert liegt um die 3.75 fache Standardabweichung über dem Mittelwert. Dies führt dazu, daß das zweiseitige Vertrauensintervall für den Mittelwert zu einem Sicherheitsniveau von 90 % zwischen 33 und 45 kWh/m^2 liegt, während die obere Schranke zum gleichen Niveau bei 44 kWh/m^2 liegt^{*)}. Dabei liegt die Standardabweichung der Grundgesamtheit zwischen 29 und 37 kWh/m^2 .

Zusammenfassend kann zur Auswertung dieser Stichprobe gesagt werden, daß es aufgrund der bisherigen Ergebnisse möglich erscheint, die Hallen der Nutzungsarten 5 bis 12 etwa unter dem Begriff "Industriebau ohne Lagerung" zusammenzufassen, wobei sich weder die statistischen Parameter Mittelwert und Standardabweichung der Stichprobe noch die sich ergebenden Konfidenzintervalle nennenswert von den Ergebnissen der einzelnen Nutzungsarten unterscheiden. Darüber hinaus erstrecken sich auch die Einzelwerte mehr oder weniger immer über den gleichen Bereich, so daß eine Zusammenfassung auch von daher gerechtfertigt erscheint. Dabei muß aber beachtet werden, daß man sich auch im Einzelfall bei jeder Halle vor Einordnung in diese Klasse vergewissern muß, daß nennenwerte Brandlasten etwa in Form von produktionsbedingten Zwischenlagern von brennbaren Stoffen wie Verpackungsmaterial, Paletten etc. nicht auftreten.

^{*)} Hinweis: Die in DIN 18 230 vorgesehene Mindestbrandbelastung für Hallen ohne nennenswerte Brandlasten beträgt allein schon 25 kWh/m^2 .

S Z	1	2	3	4
1	Bedingungen	Brandlast unbewertet	m-Faktor	Brandlast bewertet
2	Umfang n	83	83	83
3	Mittelwert \bar{X}	51.63	0.77	39.38
4	Standardab. S	39.31	0.19	32.50
5	Variationsk. $\frac{S}{x}$	0.76	0.25	0.83
6	gr.Abw. ΔX_{\max}	126.57	0.53	121.80
7	$\frac{\Delta X_{\max}}{S}$	3.22	2.76	3.75
8	Mittelw.d.Ln \bar{X}'	3.92	-0.30	3.32
9	Streu.d.Ln S'^2	0.79	0.10	0.86
10	Standab.d.Ln S'	0.89	0.32	0.93
11	Erwart.w: Gl. (2)	55.23	0.78	42.29
12	Streuung: Gl. (3)	3666.6	0.06562	2425.1
13	Variat.k.: Gl. (4)	1.10	0.33	1.16
14	Konfidenzintervall 90 % für Mittelwert μ zweiseitig	Δ \pm 7.097	\pm 0.035	\pm 5.868
15		σ_{\min} 44.533	0.735	33.512
16		σ_{\max} 58.727	0.805	45.248
17		Δ \pm 7.178	\pm 0.035	\pm 5.935
18		σ_{\min} 44.452	0.735	33.445
19		σ_{\max} 58.808	0.805	45.315
20		σ_{\max} 57.162	0.799	43.956
21		σ_{\max} 57.207	0.800	43.993
22		σ_{\min} 34.88	0.171	28.84
23		σ_{\max} 45.16	0.222	37.34

Tabelle 4.4: Nutzungsarten 5 bis 12 - Hallen mit kleinen Brandlasten

4.2.5 Auswertung der durchschnittlichen Heizwerte der Nutzungsarten 1 bis 4

Bei der Einteilung der Hallen mit Lagerung und kombinierter Herstellung mit Lagerung wurden auch die durchschnittlichen Heizwerte der Brandlasten, die in den betrachteten Hallen auftraten, untersucht^{*)}. Dazu wurden zuerst alle Hallen, die diese Bedingungen erfüllten betrachtet, dann alle Lager sowie Hallen mit Herstellung und Lager getrennt. Abschließend wurden die Hallen in den bei Einführung einer Ausnutzungsgrenze von 150 kg/m^2 sich ergebenden Zusammensetzungen untersucht. Die Ergebnisse sind in Tabelle 4.5 zusammengestellt. Die Mittelwerte liegen je nach Zusammenfassung zwischen 4.7 und 6.4 kWh/kg, während die zweiseitigen Konfidenzintervalle für die Mittelwerte der entsprechenden Grundgesamtheiten zwischen 4.2 und 7.0 kWh/kg liegen. Die einseitigen Konfidenzintervalle, also die oberen Schranken für die Mittelwerte mit einem Vertrauensniveau von 90 % liegen je nach Einteilung zwischen 5.0 und 7.0 kWh/kg.

Festzustellen ist, daß der Mittelwert der Hallen mit Herstellung und Lagerung unter demjenigen der Hallen mit reiner Lagerung liegt. Das liegt daran, daß bei den reinen Lagern im Verhältnis wesentlich mehr Kunststoffe als Brandlasten auftreten als bei den Hallen, in denen Stoffe aus brennbaren Materialien hergestellt und gelagert werden, bei denen von 19 Werten 16 zwischen 4.1 und 5.2 kWh/kg liegen, während 3 Werte mit 6.03, 6.92 und 11.98 kWh/kg zum Teil erheblich aus dem Rahmen fallen. Dies zeigt sich zum einen beim Anpassungstest, als auch bei der Beurteilung der Histogramme. Die Anpassungstests liefern mit Ausnahme von den Lagern mit einer Ausnutzung kleiner 150 kg/m^2 , wo die Werte mit einer Ausschlußwahrscheinlichkeit von 85 bis 92 % auch einer Ablehnung der Annahme einer Normalverteilung sowie logarithmischen Normalverteilung zuneigen. Es zeigt sich bei den Histogrammen in Anhang 7 ganz deutlich, daß die meisten Werte in der Größenordnung von 40

^{*)} Anmerkung: Man beachte, daß Lager der chemischen Großindustrie in der Auswertung nicht enthalten sind.

S Z	1	2	3	4	5	6	7	8				
1		alle Herst.u. Lager NA 1-4	alle Lager NA 1+2	alle Herst.u. Lager NA 3+4	Lager <150kg/m² NA 1	Lager >150kg/m² NA 2	Herst.u. Lager <150kg/m² NA 3	Herst.u. Lager >150kg/m² NA 4				
2	Umfang n	55	36	19	20	16	9	10				
3	Mittelwert \bar{X}	5.63	5.87	5.17	6.37	5.25	4.70	5.60				
4	Standardab. S	1.92	1.97	1.78	2.19	1.49	0.66	2.36				
5	Variationsk. $\frac{s}{x}$	0.34	0.33	0.34	0.34	0.28	0.14	0.42				
6	gr.Abw. ΔX_{\max}	6.58	6.34	6.81	5.84	4.74	1.33	6.38				
7	$\frac{\Delta X_{\max}}{S}$	3.43	3.22	3.82	2.67	3.18	2.03	2.71				
8	Mittelw.d.Ln \bar{X}'	1.69	1.73	1.61	1.80	1.63	1.54	1.67				
9	Streu.d.Ln S'^2	0.08	0.08	0.06	0.09	0.05	0.02	0.10				
10	Standab.d.Ln S'	0.28	0.28	0.25	0.30	0.23	0.13	0.31				
11	Erwart.w: Gl. (2)	5.60	5.85	5.14	6.36	5.24	4.70	5.57				
12	Streuung: Gl. (3)	2.488	2.892	1.674	3.892	1.539	0.400	3.193				
13	Variat.k.:Gl. (4)	0.28	0.29	0.25	0.31	0.24	0.13	0.32				
14	Konfidenzintervall 90 %	für Mittelwert μ	zweiseitig	bekannt	Δ	± 0.425	± 0.539	± 0.673	± 0.804	± 0.613	± 0.360	± 1.226
15					min	5.205	5.331	4.497	5.566	4.637	4.340	4.374
16					max	6.055	6.409	5.843	7.174	5.863	5.060	6.826
17			einseitig	unbekannt	Δ	± 0.433	± 0.554	± 0.709	± 0.845	± 0.653	± 0.407	± 1.366
18					min	5.197	5.316	4.461	5.525	4.597	4.293	4.234
19					max	6.063	6.424	5.879	7.215	5.903	5.107	6.966
20		Standard- abw. σ	zweiseitig	unbekannt	max	5.961	6.292	5.694	6.998	5.727	4.977	6.550
21					max	5.965	6.301	5.714	7.020	5.749	5.002	6.625
22				min	1.659	1.648	1.408	1.736	1.154	0.471	1.718	
23				max	2.283	2.454	2.469	2.997	2.141	1.123	3.876	

Tabelle 4.5: Durchschnittliche Heizwerte - Herstellung und Lagerung brennbarer Stoffe

bis 55 kWh/m² liegen, während doch einige Werte bis zu 12.2 kWh/m² hoch liegen. Hier wäre eine weitere Spezifikation der brennbaren Stoffe erforderlich etwa in der Weise, daß nach Holz und Kunststoffen unterschieden wird. Dadurch würde aber der Stichprobenumfang so klein, daß eine statistische Auswertung nicht mehr möglich wäre.

4.2.6 Abhängigkeit der Brandlast von der Brandabschnittsgröße

Als weitere Größe wurde die Brandabschnittsgröße aller Hallen ausgewertet. Es zeigte sich ganz deutlich, daß im Bereich bis 6000 m² etwa 80% aller Hallen liegen, während zwischen 6000 und 11000 noch etwa 15% und im Intervall von 11000 bis 86000 m² noch etwa 5 % aller betrachteten Objekte liegen. Der Mittelwert liegt mit einer Standardabweichung von 10815 m² bei 5478 m². Damit ergibt sich ein Variationskoeffizient von 1.97. Die vorliegende Verteilung ist mit hoher Wahrscheinlichkeit logarithmisch normalverteilt, denn die Testwerte liegen bei 57 % für die Annahme, daß die Parameter der Stichprobe mit denen der Grundgesamtheit übereinstimmen, und 75 % für unbekannte Parameter Mittelwert und Standardabweichung. Diese Werte ergeben sich nach Klassenzusammenlegung bei 11 vorliegenden Klassen aus der χ^2 -Verteilung mit 10 beziehungsweise 8 Freiheitsgraden. Diese Annäherung ist sehr gut und zeigt sich auch an den Histogrammen der Brandabschnittsgrößen (Bilder 4.1.1, 4.1.2 und 4.1.3).

Bei dieser Auswertung wird auch der Unterschied bei den drei verschiedenen Klasseneinteilungen deutlich. In den ersten beiden Versionen (Bilder 4.1.1 u. 4.1.2) werden alle Werte erfaßt. Somit ergeben sich relativ große Klassenbreiten mit einer sehr hohen relativen Häufigkeit in der ersten Klasse. Damit wird auch der Spitzenwert für die Dichtefunktion der logarithmischen Normalverteilung so groß, daß Werte über 100% auftreten. Dies kommt dadurch zustande, daß die Vergleichsfunktion nach der in

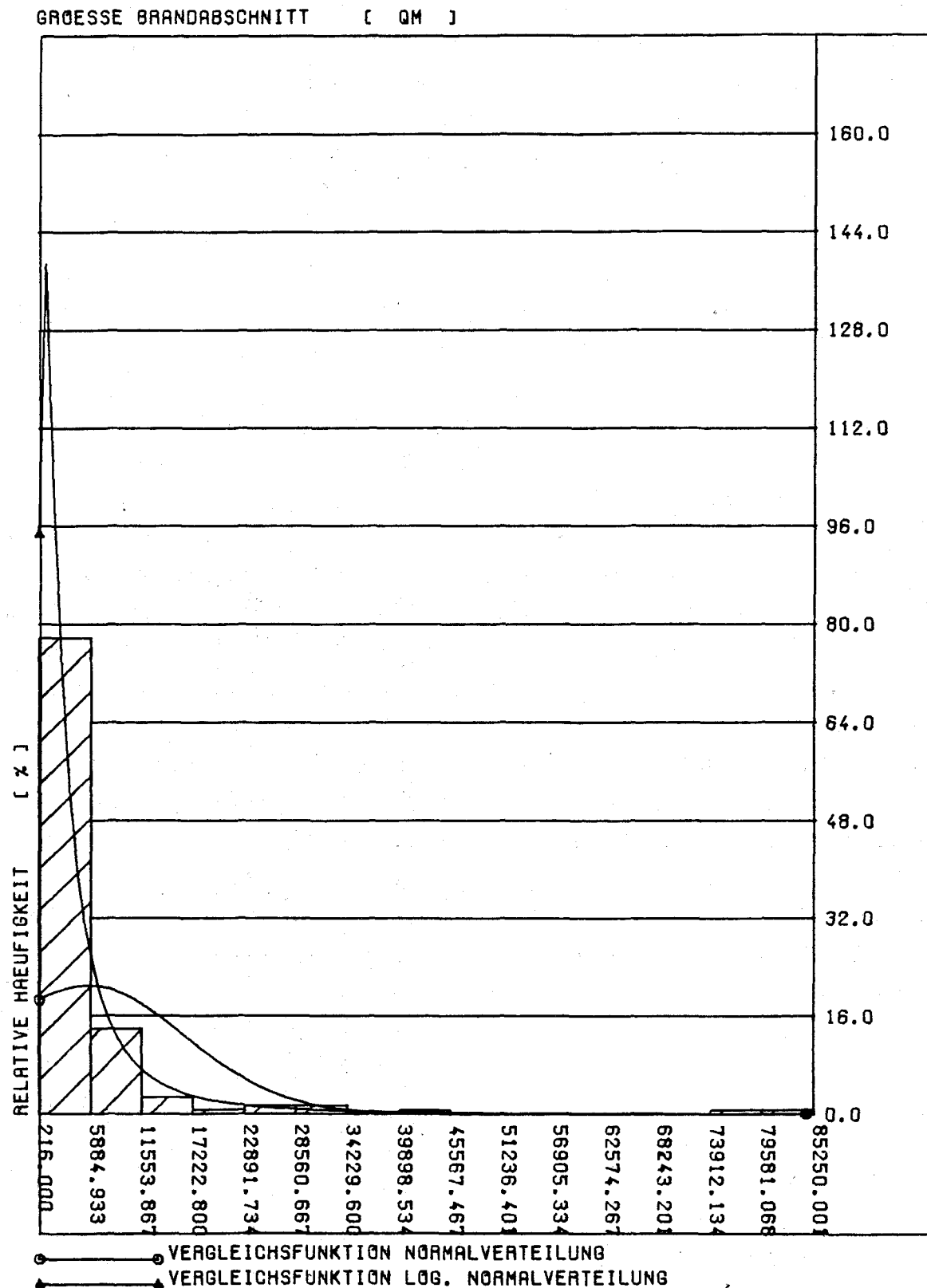


Bild 4.1.1: Histogramm der Brandabschnittsgröße aller Hallen nach 1. Klasseneinteilung (vgl. Abschnitt 3.3.1)

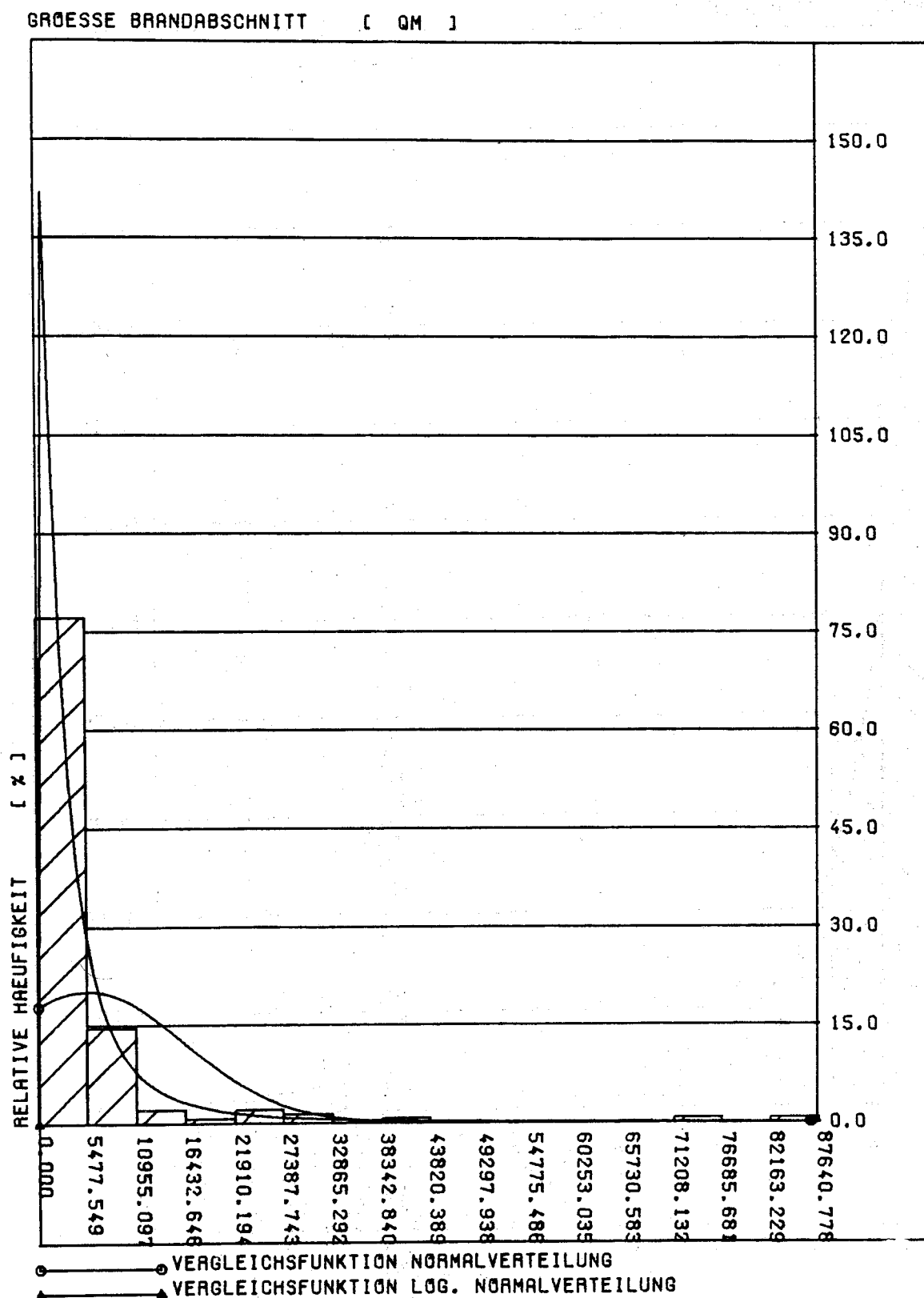


Bild 4.1.2: Histogramm der Brandabschnittsgröße aller Hallen nach 2. Klasseneinteilung (vgl. Abschnitt 3.3.1)

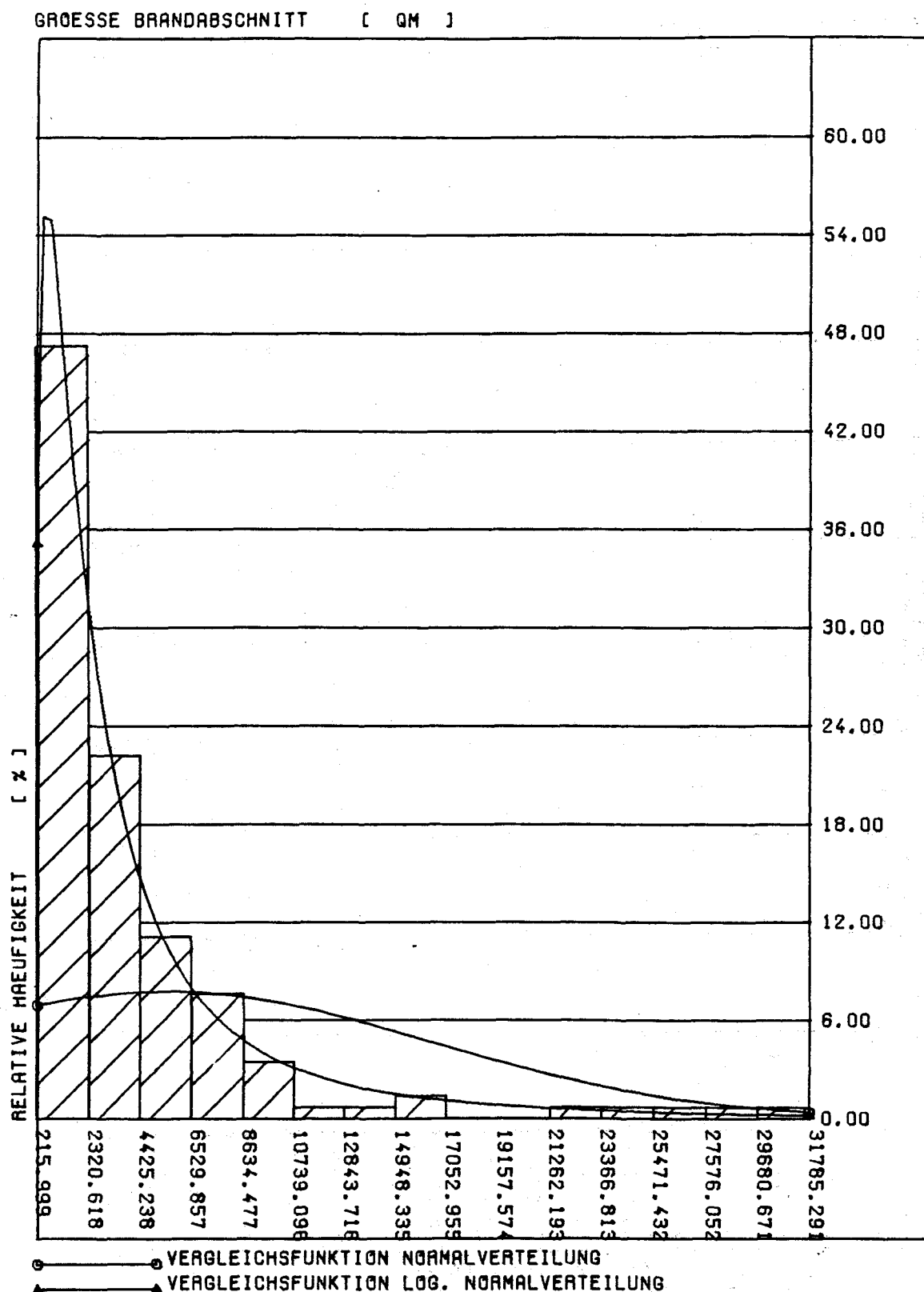


Bild 4.1.3: Histogramm der Brandabschnittsgröße aller Hallen nach 3. Klasseneinteilung (vgl. Abschnitt 3.3.1)

Abschnitt 3.3.2 erläuterten Methode ermittelt wird. Die Dichtefunktion wird dabei so sehr verzerrt, daß näherungsweise in Klassenmitte die relative Häufigkeit mit der Häufigkeit verglichen werden kann, die sich ergeben würde, wenn die Stichprobe mit den ermittelten Parametern Mittelwert (\bar{X}') und Standardabweichung (S') der Logarithmen der beobachteten Werte logarithmisch normalverteilt wäre. Ferner kann die Fläche unterhalb der Vergleichsfunktion für jede Klasse mit der tatsächlich aufgetretenen Häufigkeit (schraffierte Säule des Histogramms) verglichen werden. Es zeigen alle beiden Histogramme eine sehr gute Annäherung an die logarithmische Normalverteilung. Auch das Auftreten von sehr großen Brandabschnitten über 35000 m² (entspricht etwa Mittelwert plus 3fache Standardabweichung) kann in diese Verteilung gut eingeordnet werden. Diese Werte werden bei der dritten Version der Klasseneinteilung vernachlässigt. Das führt dazu, daß die Anpassung an die logarithmische Normalverteilung im Bereich der kleineren Werte besser beurteilt werden kann. Im vorliegenden Fall werden die ersten beiden Klassen durch fünf Klassen dargestellt. Durch diese feinere Teilung verschwinden auch die großen Spitzen der Vergleichsfunktion, wobei aber die Annäherung sehr gut bleibt.

Die Auswertung der Nutzungsarten 5 bis 12 (Industriebau ohne Lagerung) ergibt keine prinzipielle Abweichung von den Ergebnissen für alle Hallen. Der Mittelwert liegt bei 6327.47 m², bei einem Variationskoeffizienten von 1.80. Der Mittelwert liegt dabei um etwa 15 % über dem Wert für alle Hallen, während die Standardabweichung um 5 % darüber liegt.

Die Anpassung an logarithmische Normalverteilung ist kaum schlechter als bei allen Hallen. Dies wird sowohl bei der Beurteilung der Histogramme (Bilder 4.2.1 bis 4.2.3) als auch bei den Anpassungstests deutlich. Es liegen 2 Hallen um mehr als die 3fache Standardabweichung über dem Mittelwert. Die Anpassungstests an die logarithmische Normalverteilung ergeben Werte von 81 und 93 % Ablehnungswahrscheinlichkeit, die an der χ^2 -Verteilung mit 6 beziehungsweise 4 Freiheitsgraden ermittelt wurden.

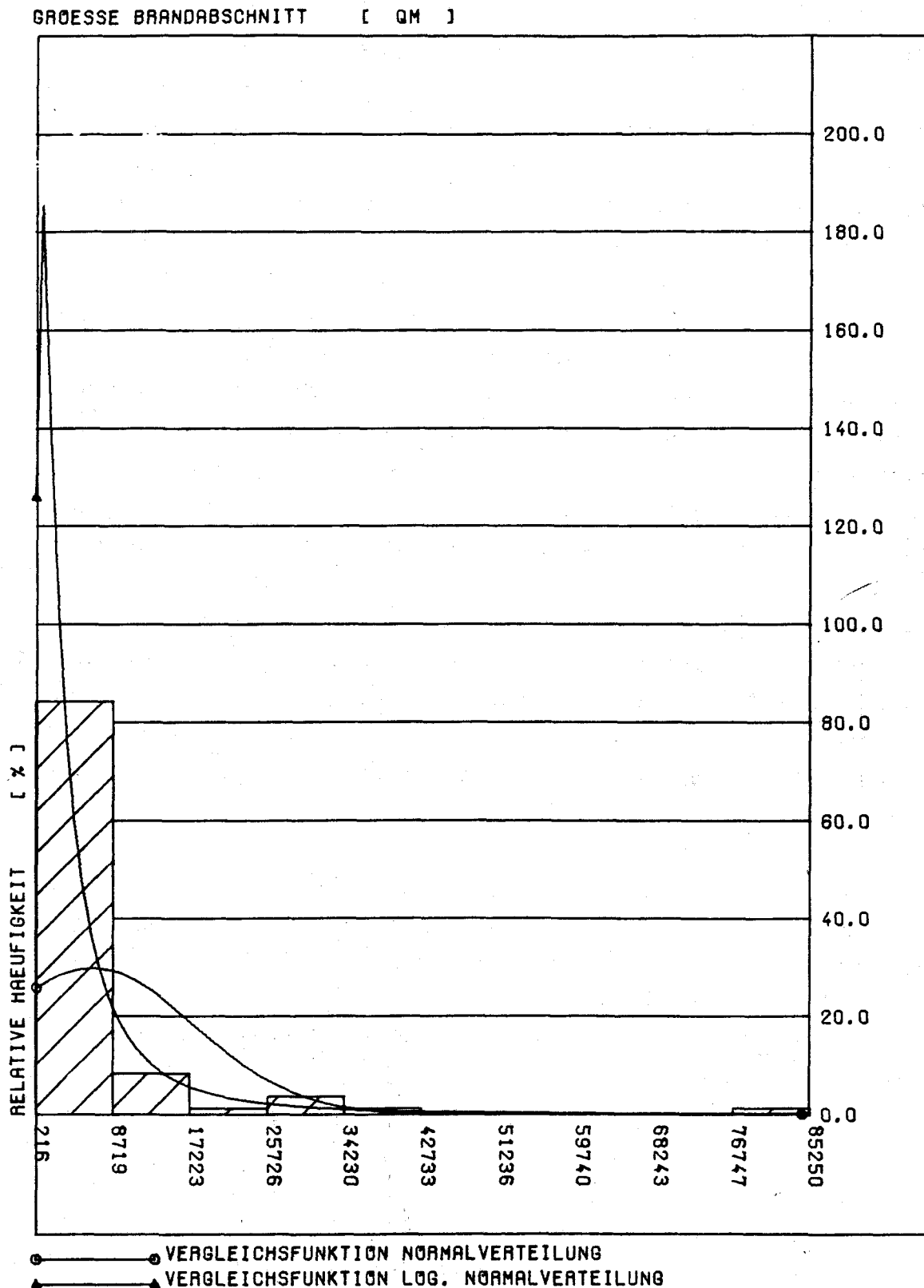


Bild 4.2.1: Histogramm der Brandabschnittsgröße der Nutzungsarten 5. bis 12. nach 1. Klasseneinteilung (vgl. Abschnitt 3.3.1)

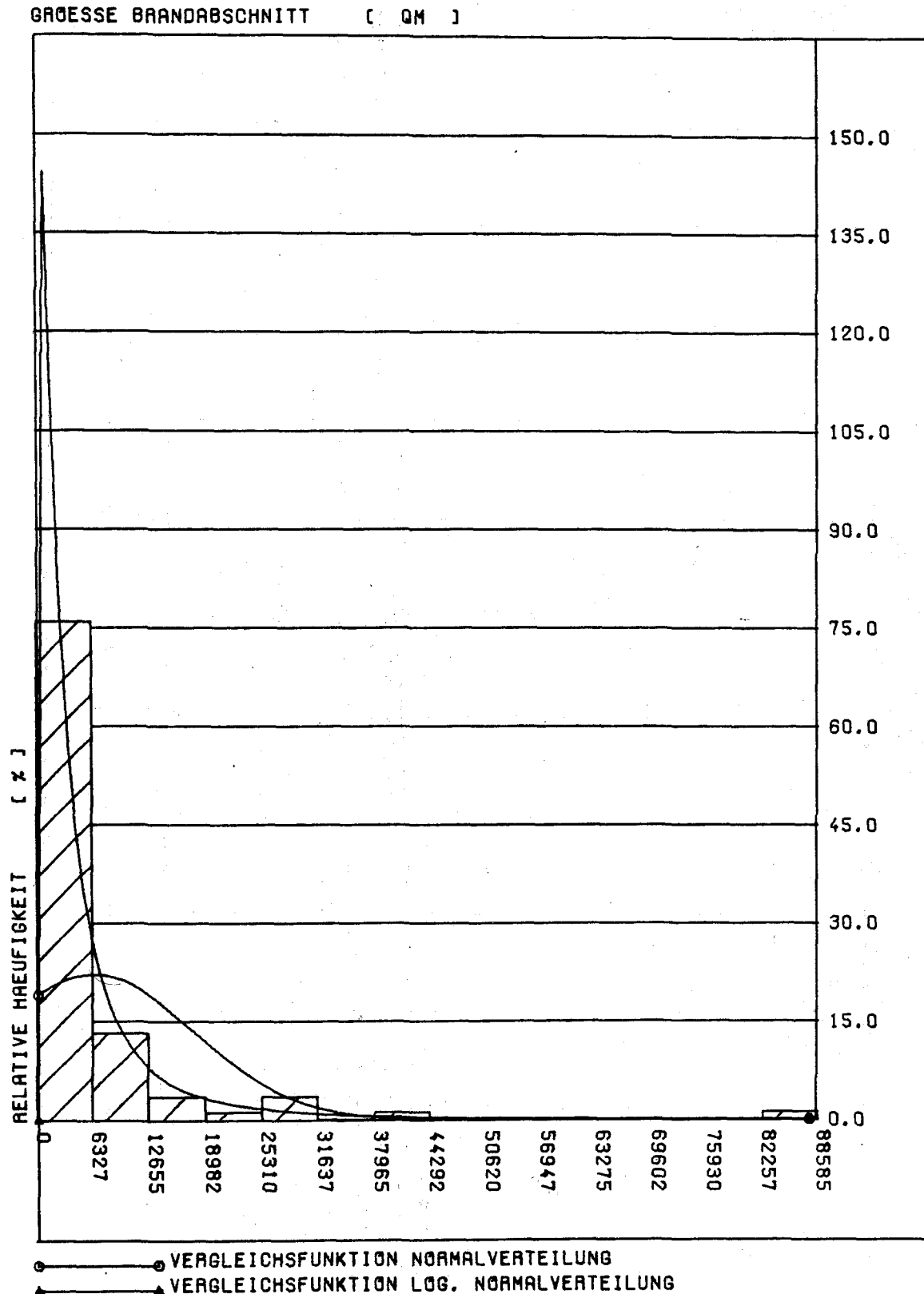


Bild 4.2.2: Histogramm der Brandabschnittsgröße der Nutzungsarten 5 bis 12 nach 2. Klasseneinteilung (vgl. Abschnitt 3.3.1)

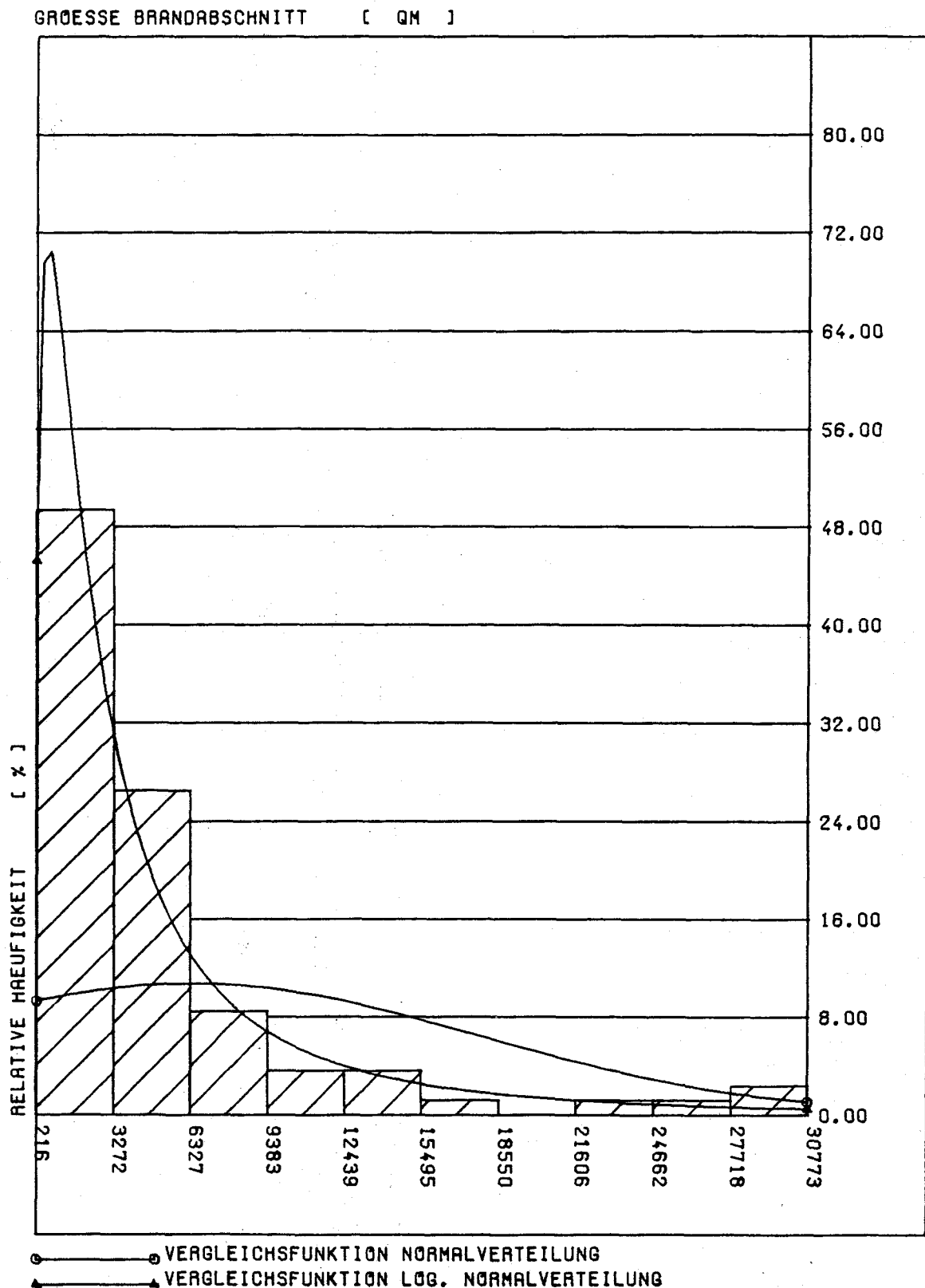


Bild 4.2.3: Histogramm der Brandabschnittsgröße der Nutzungsarten 5 bis 12 nach 3. Klasseneinteilung (vgl. Abschnitt 3.3.1)

Die Abhängigkeit der Brandlast von der Brandabschnittsgröße wurde mit dem entwickelten Programm dadurch untersucht, daß für die Brandabschnittsgröße Intervalle vorgegeben wurden, in denen die Werte der Hallen liegen mußten, und woraus dann die zu untersuchende Stichprobe gebildet wurde. Diese wurde dann nach dem dargestellten Verfahren ausgewertet. Die Intervallbreite wurde so gewählt, daß in jeder Stichprobe in etwa gleich viele Hallen erfaßt wurden. Das führte zu der in Tabelle 4.6 dargestellten Wahl der Grenzen für die Brandabschnittsgröße. Die Klassenbreite wächst dadurch aufgrund der logarithmischen Normalverteilung überproportional stark an.

Dargestellt sind jeweils für alle Hallen und für die Hallen der Nutzungsarten 5 bis 12 (Industriebau ohne Lagerung) die Mittelwerte und Standardabweichungen sowohl der realen Werte als auch deren Logarithmen. Zusätzlich ist der Variationskoeffizient als Quotient daraus angegeben. Die Werte zeigen in beiden Fällen, daß offenbar keine prinzipielle Abhängigkeit der unbewerteten Brandlast von der Brandabschnittsgröße besteht. Die Werte liegen im Rahmen der Auswertung für alle Hallen der entsprechenden Gruppe, wobei einige Werte über und einige unter den dort beobachteten Werten liegen.

Ganz eindeutig kann aber festgestellt werden, daß weder eine Tendenz zu zunehmender noch zu abnehmender Brandlast mit zunehmender Brandabschnittsgröße besteht, sondern die Brandlast scheint auch innerhalb der gewählten Klassen logarithmisch normalverteilt zu sein. Dies wird in den Anpassungstests deutlich, bei denen die Annahme einer Normalverteilung der Größe der Brandlast für alle Hallen fast immer abgelehnt wurde, während die Annahme einer logarithmischen Normalverteilung fast immer mit einer Anlehnungswahrscheinlichkeit von 62 bis 90 % angenommen werden konnte. Diese Werte gelten für die Annahme, daß der Mittelwert und die Standardabweichung der Grundgesamtheit mit den Werten der Stichprobe übereinstimmen. Für den statistisch korrekten Test müßte die Annahme einer logarithmischen Normalverteilung mit Wahrscheinlichkeiten von 97 bis 99 % abgelehnt werden.

Brandabschnittsgröße [m ²]	Anzahl der Hallen	Mittelwert \bar{X}	Standardabweichung S	Variationskoeffizient $V = \frac{S}{\bar{X}}$	Mittelwert der Logarithmen \bar{X}'	Standardabweichung der Logarithmen S'
Alle Hallen						
200 - 1000	33	933.15	1821.98	1.95	5.22	3.91
1000 - 2500	40	1004.30	1749.63	1.74	5.42	4.19
2500 - 5500	38	744.03	2066.80	2.78	4.45	3.27
5500 - 100000	33	1290.91	3342.26	2.59	4.92	3.69
Nutzungsarten 5 bis 12						
200 - 1000	18	58.64	46.91	0.80	3.71	0.97
1000 - 2500	15	35.65	31.81	0.89	3.18	0.91
2500 - 5500	28	49.22	37.30	0.76	3.61	0.67
5500 - 100000	22	59.94	38.49	0.64	3.85	0.63

Tabelle 4.6: Mittelwerte und Standardabweichungen der unbewerteten Brandlast in Abhängigkeit von der Brandabschnittsgröße

Für die Hallen der Nutzungsarten 5 bis 12 wird das Bild etwas günstiger, allerdings kann in diesem Fall der statistisch korrekte Test meist nicht durchgeführt werden, weil der Freiheitsgrad für die zu verwendende χ^2 -Verteilung kleiner eins werden würde. Teilweise kann aber die Brandlastverteilung mit relativ schwachen Testwerten von 61 bis 93 % durch Normalverteilung angenähert werden. Für logarithmische Normalverteilung ergeben sich dagegen sehr günstige Testwerte von 1.7 bis 42 % unter der Annahme, daß die Parameter Mittelwert und Standardabweichung mit den Werten der Grundgesamtheit übereinstimmen. Für Brandabschnittsgrößen von 2500 bis 5500 m² liefert auch der statistisch korrekte Test einen sehr guten Wert von 30 % Ablehnungswahrscheinlichkeit für die Annahme einer logarithmisch normalverteilten Brandlast.

5. Bedeutung für die Praxis

Die vorliegende Untersuchung hat eine ganze Reihe wichtiger Erkenntnisse und Ergebnisse ergeben, von denen einigen, insbesondere im Hinblick auf die Anwendung von DIN 18 230 in der Praxis, erhebliche Bedeutung zukommt. Es wurde eindeutig festgestellt, daß es für bestimmte Industriebereiche sinnvoll sein kann, bei der Festlegung der zu erwartenden Brandlasten von sogenannten Nutzungsklassen bzw. -arten auszugehen, wobei jeder Nutzungsklasse eine definierte Brandlast bzw. Brandlastverteilungsfunktion zugeordnet wird. In den Anhängen 3 und 5 dieses Berichts sind die Parameter solcher Funktionen für insgesamt 12 Nutzungsarten angegeben.

Es hat sich weiterhin gezeigt, daß Lager bzw. lagerähnliche Nutzungen durchweg zu sehr hohen Brandlasten in den Brandabschnitten führen, die man deshalb auch sinnvollerweise als derart selbständige Brandabschnitte ausbildet und behandelt, so daß sich hier die Einführung von Nutzungsklassen nicht anbietet. Eine reine Bauteilbemessung ist für solche Bauwerke meist ohnehin problematisch, weil die rechnerisch erforderlichen Feuerwiderstandsdauern durchweg oberhalb der üblichen Klassifizierung (F90 bzw. F120) liegen. Den Flächenbegrenzungen und zusätzlich vorzusehenden Löschmaßnahmen kommt dann offenbar große Bedeutung zu.

Bei der Ermittlung der verschiedenen Nutzungsarten haben sich teilweise vergleichsweise große Variationskoeffizienten ergeben, ein Hinweis darauf, daß innerhalb eines bestimmten Industriezweigs erhebliche Schwankungen in den Brandlasten existieren können. Bei einigen Nutzungen war außerdem das zugrunde gelegte Datenkollektiv vergleichsweise klein, so daß die angegebenen Mittelwerte für die Verteilungsfunktionen weiter abgesichert werden müssen. Das entwickelte Datenerfassungs- und Rechenprogramm ist entsprechend ausgelegt und es bleibt zu hoffen, daß die Datenbasis zukünftig noch verbessert werden kann.

Nach /7/ kann unter der Voraussetzung, daß die betrachtete Grundgesamtheit normalverteilt ist, zu einem beliebigen Vertrauensniveau der notwendige Stichprobenumfang so bestimmt werden, daß der tatsächliche Mittelwert mit der gewählten Wahrscheinlichkeit unter dem ermittelten Wert der Stichprobe liegt. Für die Forderung, daß der tatsächliche Mittelwert um weniger als 10 % der Standardabweichung vom Mittelwert der Stichprobe abweichen darf, würde sich ein erforderlicher Umfang von 164 Einzelwerten ergeben bei einem Sicherheitsniveau von 90 %. Bei einer Reduzierung der geforderten Genauigkeit auf 20 bzw. 30 % der Standardabweichung reduziert sich die erforderliche Anzahl der einzubeziehenden Hallen auf 41 beziehungsweise 19. Diese Werte wurden mit Fraktilenwerten der Normalverteilung ermittelt, daß bedeutet, daß die Standardabweichung der Grundgesamtheit bekannt ist. Diese Werte liefern aber für eine große Anzahl der Hallen fast die gleichen Bedingungen wie die Fraktile der Student-Verteilung, die bei unbekannter Standardabweichung angewendet werden muß.

Eine theoretische Untersuchung von insgesamt 83 Hallen, welche unter der allgemeinen Nutzungsart "Industriebau ohne Lagerung" zusammengefaßt werden könnten, hat eindeutig ergeben, daß deren Brandlasten logarithmisch normalverteilt sind. Der Mittelwert dieser Hallen lag mit 51.6 kWh/m^2 erstaunlich niedrig, wobei das zweiseitige Konfidenzintervall zum Niveau von 90% für den Mittelwert, zwischen 44 und 59 kWh/m^2 lag. Die Standardabweichung ergab sich zu 39.3 kWh/m^2 , d.h. bei einem Variationskoeffizienten von 0.76 läßt sich für diesen Bereich des Industriebaus die Brandlastverteilung ganz allgemein und statistisch gesehen, vergleichsweise gut abgesichert, eindeutig festlegen.

Für die Fortschreibung der Vornorm DIN 18 230 können sich aus diesen Untersuchungen verschiedene Konsequenzen ergeben: Sofern die zu den festgestellten Nutzungsarten gehörigen Ver-

teilungsfunktionen allgemein akzeptiert werden können, ließen sich die nach DIN 18 230 im Einzelfall zu ermittelnden Brandlasten vorab berechnen, um in den genannten Fällen - große Schwankungsbreite, zu kleines Datenkollektiv - gleichfalls zu nutzungsbezogenen Aussagen zu gelangen. Für jede Nutzung könnten somit die γ -Faktoren der Norm in Abhängigkeit von der Brandabschnittsgröße festgelegt werden. Wenn man weiterhin den Umrechnungsfaktor c festlegen würde, könnte praktisch jede Berechnung nach DIN 18 230 entfallen und man würde in der Praxis lediglich Tabellen für die Bauteilklassen in Abhängigkeit von der Brandabschnittsgröße, dem m -Faktor und der im Gebäude vorgesehenen Ventilation benutzen.

Für die Praxis könnte dies bedeuten:

- Ersatz der Rechnung durch Tafeln, soweit die vorliegenden (begrenzten) Daten dies zulassen, was nach den vorliegenden Erkenntnissen derzeit nicht generell möglich ist

oder zumindest
- Aufnahme von Tafeln, auf der Grundlage von Daten, die so bald wie möglich zu erweitern und ergänzen wären, als einfache Bestimmungsmethode, die durch eine Erhebung im Einzelfall und genauere Rechnung verbessert werden kann.

Der höhere Aufwand durch Ermittlung der Brandlast im Einzelfall und die Durchführung einer genaueren Berechnung müßten belohnt werden. Für den Fall, daß keine Brandlasterhebung durchgeführt wird, müßte auf jeden Fall sichergestellt sein, daß keine Lagerbereiche in dem betrachteten Brandabschnitt vorhanden sind. Selbstverständlich würden in ein solches System auch nur Bauwerke aus den in Anhang 2 genannten Industriebereichen hineinpassen. Die so beschriebenen alternativen Bemessungsmethoden sind auf Bild 5.1 schematisch dargestellt.

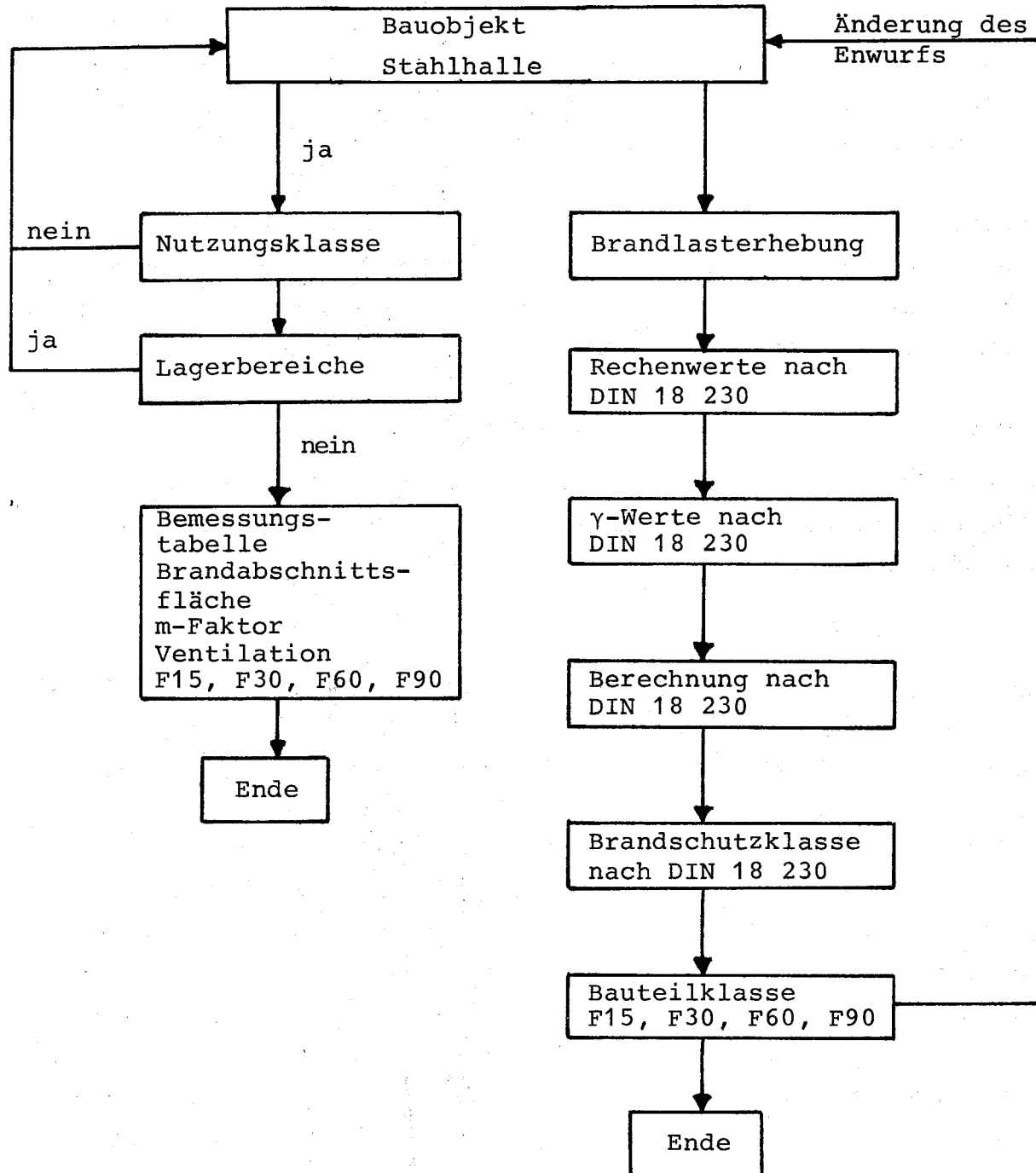


Bild 5.1: Bemessungsalternativen für Stahlhallen auf der Grundlage von DIN 18 230

Im Hinblick auf eine sofortige Anwendung der ermittelten Daten ist zu beachten, daß in der DIN 18 230 für die äquivalente Branddauer ein 90 % Fraktil angenommen ist. Für die Brandlasten wären demnach zunächst aus den Mittel- bzw. Erwartungswerten die 90 % Fraktilwerte zu berechnen. In Tabelle 5.1 ist dies für die Nutzungsarten 5 bis 12 für die unbewerteten Brandlasten geschehen. Die aufgeführten Werte wurden aus den jeweiligen Mittelwerten und Standardabweichungen der einzelnen Nutzungsarten ermittelt. Die Brandlasten sind jeweils auf die Grundfläche der Stahlhallen bezogen. Im Ausland (z.B. Schweden) werden diesbezüglich häufig andere Bezugsgrößen benutzt.

Art	NA5	NA6	NA7	NA8	NA9	NA10	NA11	NA12
\bar{X}	36	40	39	85	66	65	52	78
90% Fraktil Normalver- teilung	72	77	81	146	126	106	90	158
E log.Normal- verteilung	38	43	42	86	84	68	54	91
90% Fraktil log.Normal- verteilung	74	86	92	152	189	119	94	199

Tabelle 5.1: Mittelwert, Erwartungswert und 90% Fraktile
der Brandlasten in kWh/m²

Da die statistische Auswertung vorzugsweise die Annahme von logarithmischen Brandlastverteilungen unterstützt, sollten jeweils Werte der letzten Zeile von Tabelle 5.1 verwendet werden. Lagerbereiche sind in der Tabelle nicht erfaßt bzw. berücksichtigt. Die einzelnen Nutzungsarten sind im Anhang 2 ausführlich erläutert. Eine Zusammenstellung der vorgeschlagenen Rechenwerte ist in Tabelle 5.2 gegeben.

Tabelle 5.2: Brandlasten für verschiedene Nutzungsarten zur Durchführung von Berechnungen nach DIN 18 230 (90% Fraktile)

Nutzungsart	Brandlast kWh/m ²	Nutzungsart	Brandlast kWh/m ²
Lager f. Bleche und Coils	74	Lager für Maschinenteile	74
Autoreparatur	94	Leichtmetall Fensterbau	92
Baustofflager	74	Maschinenbau	92
Bedruckungs- und Lackieranlage	152	Montage von Eisenbahnwaggons	86
Drahtstraße	189	Motorenprüfstand	86
Dreherei	92	Motorrad Vor- und Endmontage	86
Elektrowerkstatt	119	Mechan. Werkstatt	92
Ersatzteillager f. Pkw	94	Möbelfabrik	152
Fertigung von Omnibussen	86	Montage von Elektroteilen	119
Glasschneidehalle	199	Näherei	152
Herstellung von Druckmaschinen	92	Kunststoffverarbeitung mit Thermodruckpresse	152
Herstellung von Straßenbahnfahrzeugen	86	Preßwerk und Ausschäumung von Al-Profilen	189
Herstellung von Verpackungsmaterialien	92	Preßwerk und Zieherei	189

Fortsetzung von Tabelle 5.2:

Nutzungsart	Brandlast kWh/m ²	Nutzungsart	Brandlast kWh/m ²
Produktion von Kunststoff- rohren	152	Umschlag von Haushaltsgeräten	119
Produktion von Elektromotoren	119	Verarbeitung von Thermoplasten u. Polyesterharzen	152
Verarbeitung von Glaswaren	199	Verarbeitung von Metallprofilen	92
Versand von LKW-Teilen	94	Versand von Backwaren	74
Reifenmontage	86	Zwischenlager für Alu-Clips	74
Rohglaslager	74	Zerteilen, Ver- packen v. Feinblech	92

Die Auswertung der Brandabschnittsgrößen hat übrigens ergeben, daß diese sehr gut logarithmisch normalverteilt sind, wobei der Erwartungswert bei etwa 4900 m² liegt. Die vermutete Zu- bzw. Abnahme in der Höhe der Brandlasten mit zunehmender Brandabschnittsfläche konnte allerdings nicht nachgewiesen werden. Ein Zusammenhang dieser Art scheint im Industriebau in der Tat nicht vorzuliegen.

Weitergehende Auswertungen z.B. bezüglich der Bauweise, Ventilationsverhältnisse und Löschmaßnahmen wurden bislang nicht durchgeführt.

6. Zusammenfassung und Ausblick

In der vorliegenden Untersuchung wurden brandschutztechnische Daten von 144 Industrie-Stahlhallen erfaßt und im Hinblick auf die in der Praxis zu erwartenden Brandlastverteilungen untersucht. Insgesamt wurden 15 Nutzungsarten gebildet von denen 12 auswertbar waren.

Es hat sich gezeigt, daß in bestimmten Produktionsbereichen mit definierten Verteilungsfunktionen für die Brandlasten gerechnet werden kann. Daraus können sich für die brandschutztechnische Bemessung im Industriebau erhebliche Erleichterungen ergeben, wenn man diese Beobachtung z.B. auf die Festlegungen in DIN 18 230 überträgt. Ein derartiges Konzept wurde im Rahmen dieser Arbeit angedacht und soll im Zuge der Überarbeitung von DIN 18 230 weiter verfolgt werden.

Die statistische Sammlung bzw. Erfassung brandschutztechnischer Daten ist erfahrungsgemäß zeit- und kostenintensiv. Den an diesem Vorhaben direkt oder indirekt beteiligten Behörden, Firmen und Verbänden sei an dieser Stelle ausdrücklich gedankt für Ihre Bemühungen ein möglichst umfangreiches Datenkollektiv zu erstellen. Der Nutzen einer solchen Untersuchung wird letztlich allen zugute kommen. Es bleibt abzuwarten, in welcher Form die vorliegende Erhebung bei der Erarbeitung von Brandschutzbestimmungen für den Industriebau hilfreich eingesetzt wird.

7. Schrifttum

- /1/ Bub, H. et al.: Eine Auslegungssystematik für den baulichen Brandschutz. Brandschutz im Bauwesen, Heft 4, Verlag E. Schmidt, Berlin 1983.

- /2/ DIN 18 230 - Baulicher Brandschutz im Industriebau. Teil 1. Beuth Verlag, Berlin, November 1982.

- /3/ Schneider, U.: Brandverhalten von Stahl- und Stahlverbundkonstruktionen. Abschlußbericht Studiengesellschaft für Anwendungstechnik von Eisen und Stahl e.V., Düsseldorf, Februar 1982.

- /4/ Müller, P.H. et al.: Wahrscheinlichkeitsrechnung und Mathematische Statistik, Lexikon der Stochastik. Akademie-Verlag, Berlin, 1980.

- /5/ Pfanzagl, J.: Allgemeine Methodenlehre der Statistik. Teil 1 und 2, 5. Auflage, Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin 1972.

- /6/ Spiegel, M.R.: Statistik. Verlag Mc Graw-Hill, Düsseldorf 1976.

- /7/ Heinhold, J., Gaede, K.-W.: Ingenieurstatistik. Verlag R. Oldenbourg, München 1979.

- /8/ Kreyszig, E.: Statistische Methoden und ihre Anwendung. 7. Auflage, Verlag Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen 1979.

Anhang 1

Aufbau der Datensammlung mit Angabe der verwendeten Codierungen sowie Datenauswahl aller Hallen

Codierung für statistische Auswertung der Hallen

1. Hallennummer

2. Nutzungsart

- 1) Lagerung brennbarer Stoffe in Mengen kleiner 150 kg/m²
- 2) Lagerung brennbarer Stoffe in Mengen größer 150 kg/m²
- 3) Herstellung und Lagerung brennbarer Stoffe in Mengen kleiner 150 kg/m²
- 4) Herstellung und Lagerung brennbarer Stoffe in Mengen größer 150 kg/m²
- 5) Lagerung von im wesentlichen nicht brennbaren Stoffen
- 6) Montage von Straßen- und Schienenfahrzeugen
- 7) Verarbeitung von Metallteilen
- 8) Verarbeitung von Holz und Kunststoffen
- 9) Herstellung von Teilen aus Metallwerkstoffen
- 10) Montage, Produktion mit Lager von Elektroteilen
- 11) Unterstellung, Wartung und Verwertung von Kraftfahrzeugen
- 12) Herstellung, Verarbeitung und Versand von mineralischen, keramischen und Glaswerkstoffen
- 13) Hallen der Kali- und Salzindustrie
- 14) Umschlagbetriebe
- 15) Kaltwalzwerk

3. Konstruktionsart

- | | | |
|---|---|----------------|
| 1 | = | 1 geschossig |
| 2 | = | mehrgeschossig |

4. Anzahl der Brandabschnitte

Anhang 1.1

5. Baumaterialien Außenwände

- | | | |
|-----------------------|----------------------|-----------|
| 1 = Beton | 6 = Beton | + Dämmung |
| 2 = Mauerwerk | 7 = Mauerwerk | + Dämmung |
| 3 = Gasbeton | 8 = Gasbeton | + Dämmung |
| 4 = (Trapez)bleche | 9 = (Trapez)bleche | + Dämmung |
| 5 = Asbestzementpl. | 10 = Asbestzementpl. | + Dämmung |
| 11 = Glas | | |
| 12 = Holz, Kunststoff | | |

6. Baumaterial Fußboden

- 1 = Betonboden
- 2 = Betonpflaster
- 3 = Holz
- 4 = Schwarzdecken
- 5 = Stahlblech

7. Baumaterial Dach

- 1 = Trapezbleche ohne Dämmung
- 2 = Trapezbleche mit Dämmung
- 3 = Gasbeton
- 4 = Ziegel
- 5 = Asbestzementpl. ohne Dämmung
- 6 = " mit Dämmung
- 7 = Betondecke
- 8 = Holzdecke
- 9 = Leichtbeton
- 10 = Trapezbleche ausbetoniert
- 11 = Holz (Schalung)

8. Hallenbreite [m]
9. Hallenlänge [m]
10. Hallenhöhe [m]
11. Größe Brandabschnitt [m²]
12. Fensterfläche [m²]
13. Fensterhöhe [m]
14. Dachöffnungen [m²]
15. Grenzabstand [m]
16. Größe der Brandlast [kWh/m²]
17. Rauchabzüge vorhanden?
18. Punktbrandlasten (Art)
 - 1 = Papier
 - 2 = Öl
 - 3 = Gas
 - 4 = Holz, Kunststoff
 - 5 = Verpackungsmaterial
 - 6 = brennbare Flüssigkeiten (Methanol)
 - 7 =
 - 8 = unbestimmt
 - 9 = keine
19. Anzahl der Feuerwehrrzüge
20. Anmarschzeit [min] < 999 min
21. Löschwasserversorgung
 - 1 = < 1600 l/min
 - 2 = > 1600 l/min
22. Feuerwehr und Löschanlagen
 - 1 = Sprinkleranlage
 - 2 = CO₂ Anlage
 - 3 = Sprinkler + CO₂ Anl.
 - 4 = Öffentliche Feuerwehr
 - 5 = Werksfeuerwehr
 - 6 = Sprinkleranlage teilweise
 - 7 = CO₂ Anlage teilweise
 - 8 = Sprinkler + CO₂ Anlage teilweise
 - 9 = Werkfeuerwehr + CO₂ + Sprinkler
 - 10 = Werkfeuerwehr + Sprinkler
 - 11 = Werkfeuerwehr + CO₂
23. Länge der Flucht- und Rettungswege [m]
24. m - Faktor [-]

EINGABEDATEN DER HALLEN

HALLENNUMMER	1	2	3	4
NUTZUNGSART	14	14	11	11
ANZAHL BRANDABSCHNITTE	1	2	2	2
GROESSE BRANDABSCHNITT	10660.000	8600.000	600.000	680.000
GROESSE DER BRANDLAST	12001.000	13523.000	36.300	77.900
M-FAKTOR	0.200	0.200	0.934	0.703

EINGABEDATEN DER HALLEN

HALLENNUMMER	5	6	7	8
NUTZUNGSART	2	2	7	8
ANZAHL BRANDABSCHNITTE	2	1	1	1
GROESSE BRANDABSCHNITT	700.000	800.000	14198.000	375.000
GROESSE DER BRANDLAST	3013.900	2266.000	115.200	149.000
M-FAKTOR	0.721	0.721	0.617	0.880

EINGABEDATEN DER HALLEN

HALLENNUMMER	9	10	11	12
NUTZUNGSART	6	1	1	9
ANZAHL BRANDABSCHNITTE	4	1	1	3
GROESSE BRANDABSCHNITT	9900.000	1183.000	2420.000	5150.000
GROESSE DER BRANDLAST	27.000	599.300	1361.000	78.000
M-FAKTOR	0.976	0.705	0.696	0.239

EINGABEDATEN DER HALLEN

HALLENNUMMER	13	14	15	16
NUTZUNGSART	6	6	9	10
ANZAHL BRANDABSCHNITTE	1	1	4	2
GROESSE BRANDABSCHNITT	5200.000	8400.000	4018.000	4500.000
GROESSE DER BRANDLAST	8.000	5.000	19.400	37.100
M-FAKTOR	0.873	0.900	0.256	0.719

EINGABEDATEN DER HALLEN

HALLENNUMMER	17	18	19	20
NUTZUNGSART	1	15	9	1
ANZAHL BRANDABSCHNITTE	2	1	1	1
GROESSE BRANDABSCHNITT	7147.000	75500.000	40000.000	4329.000
GROESSE DER BRANDLAST	391.000	751.100	124.500	177.500
M-FAKTOR	1.000	0.518	0.262	0.701

EINGABEDATEN DER HALLEN

HALLENNUMMER	21	22	23	24
NUTZUNGSART	5	6	2	11
ANZAHL BRANDABSCHNITTE	1	1	2	1
GROESSE BRANDABSCHNITT	702.000	726.000	2106.000	3537.000
GROESSE DER BRANDLAST	5.000	31.000	1325.400	30.400
M-FAKTOR	0.958	0.797	0.500	0.945

EINGABEDATEN DER HALLEN

HALLENNUMMER	25	26	27	28
NUTZUNGSART	5	5	5	1
ANZAHL BRANDABSCHNITTE	1	2	1	1
GROESSE BRANDABSCHNITT	10200.000	841.000	3000.000	4284.000
GROESSE DER BRANDLAST	25.000	16.900	31.000	183.300
M-FAKTOR	1.000	0.850	0.900	0.800

EINGABEDATEN DER HALLEN

HALLENNUMMER	29	30	31	32
NUTZUNGSART	2	5	5	12
ANZAHL BRANDABSCHNITTE	1	1	1	2
GROESSE BRANDABSCHNITT	2319.000	3600.000	30000.000	12600.000
GROESSE DER BRANDLAST	4673.100	23.300	80.800	81.200
M-FAKTOR	0.756	1.000	1.000	1.000

EINGABEDATEN DER HALLEN

HALLENNUMMER	33	34	35	36
NUTZUNGSART	5	12	7	7
ANZAHL BRANDABSCHNITTE	1	1	1	1
GROESSE BRANDABSCHNITT	8400.000	3600.000	3136.000	1054.000
GROESSE DER BRANDLAST	23.300	77.500	5.000	5.000
M-FAKTOR	1.000	1.000	0.683	0.961

EINGABEDATEN DER HALLEN

HALLENNUMMER	37	38	39	40
NUTZUNGSART	6	2	7	11
ANZAHL BRANDABSCHNITTE	1	1	1	1
GROESSE BRANDABSCHNITT	1730.000	625.000	4500.000	372.000
GROESSE DER BRANDLAST	112.000	815.600	43.200	26.900
M-FAKTOR	0.474	0.800	0.945	0.819

EINGABEDATEN DER HALLEN

HALLENNUMMER	41	42	43	44
NUTZUNGSART	12	1	9	6
ANZAHL BRANDABSCHNITTE	1	2	1	1
GROESSE BRANDABSCHNITT	410.000	517.000	1800.000	2680.000
GROESSE DER BRANDLAST	41.100	230.400	59.700	32.000
M-FAKTOR	0.827	0.850	0.752	0.843

EINGABEDATEN DER HALLEN

HALLENNUMMER	45	46	47	48
NUTZUNGSART	10	2	7	1
ANZAHL BRANDABSCHNITTE	1	1	1	1
GROESSE BRANDABSCHNITT	3600.000	4761.000	4500.000	2044.000
GROESSE DER BRANDLAST	88.200	8798.600	37.400	253.400
M-FAKTOR	0.750	0.200	0.766	0.842

EINGABEDATEN DER HALLEN

HALLENNUMMER	49	50	51	52
NUTZUNGSART	7	3	7	7
ANZAHL BRANDABSCHNITTE	1	1	1	1
GROESSE BRANDABSCHNITT	3500.000	3017.000	1284.000	1080.000
GROESSE DER BRANDLAST	20.300	56.100	79.200	11.000
M-FAKTOR	0.754	0.796	0.789	0.754

EINGABEDATEN DER HALLEN

HALLENNUMMER	53	54	55	56
NUTZUNGSART	5	7	5	3
ANZAHL BRANDABSCHNITTE	1	1	1	1
GROESSE BRANDABSCHNITT	2698.000	1741.000	4291.000	1700.000
GROESSE DER BRANDLAST	16.500	12.000	48.100	185.900
M-FAKTOR	0.856	0.700	0.894	0.983

EINGABEDATEN DER HALLEN

HALLENNUMMER	57	58	59	60
NUTZUNGSART	7	12	7	2
ANZAHL BRANDABSCHNITTE	2	1	3	1
GROESSE BRANDABSCHNITT	26400.000	3360.000	1300.000	1240.000
GROESSE DER BRANDLAST	97.100	13.300	21.000	1405.700
M-FAKTOR	0.841	0.966	0.772	0.998

EINGABEDATEN DER HALLEN

HALLENNUMMER	61	62	63	64
NUTZUNGSART	7	3	3	8
ANZAHL BRANDABSCHNITTE	2	2	2	1
GROESSE BRANDABSCHNITT	1750.000	1361.000	865.000	4219.000
GROESSE DER BRANDLAST	35.000	157.000	384.400	64.000
M-FAKTOR	0.738	0.984	0.673	0.901

EINGABEDATEN DER HALLEN

HALLENNUMMER	65	66	67	68
NUTZUNGSART	7	12	13	13
ANZAHL BRANDABSCHNITTE	2	2	1	2
GROESSE BRANDABSCHNITT	2993.000	958.000	924.000	651.000
GROESSE DER BRANDLAST	64.000	178.200	1111.700	1116.000
M-FAKTOR	0.498	0.696	0.394	0.428

EINGABEDATEN DER HALLEN

HALLENNUMMER	69	70	71	72
NUTZUNGSART	13	4	2	3
ANZAHL BRANDABSCHNITTE	1	3	1	3
GROESSE BRANDABSCHNITT	1092.000	6150.000	741.000	1126.000
GROESSE DER BRANDLAST	380.200	5454.000	9092.800	214.200
M-FAKTOR	0.574	0.601	0.602	0.615

EINGABEDATEN DER HALLEN

HALLENNUMMER	73	74	75	76
NUTZUNGSART	2	4	4	4
ANZAHL BRANDABSCHNITTE	1	2	1	1
GROESSE BRANDABSCHNITT	308.000	1623.000	1003.000	1060.000
GROESSE DER BRANDLAST	1866.700	1064.400	792.900	1133.500
M-FAKTOR	0.533	0.638	0.607	0.601

EINGABEDATEN DER HALLEN

HALLENNUMMER	77	78	79	80
NUTZUNGSART	4	3	4	2
ANZAHL BRANDABSCHNITTE	1	1	1	1
GROESSE BRANDABSCHNITT	1398.000	1020.000	876.000	6004.000
GROESSE DER BRANDLAST	2002.900	511.800	1813.400	7360.900
M-FAKTOR	0.599	0.596	0.599	0.600

EINGABEDATEN DER HALLEN

HALLENNUMMER	81	82	83	84
NUTZUNGSART	3	2	4	2
ANZAHL BRANDABSCHNITTE	1	1	2	2
GROESSE BRANDABSCHNITT	4702.000	3868.000	1127.000	1467.000
GROESSE DER BRANDLAST	677.700	7980.300	8123.200	6195.100
M-FAKTOR	0.614	0.608	0.602	0.600

EINGABEDATEN DER HALLEN

HALLENNUMMER	85	86	87	88
NUTZUNGSART	4	4	2	8
ANZAHL BRANDABSCHNITTE	1	1	1	1
GROESSE BRANDABSCHNITT	1638.000	2485.000	400.000	7860.000
GROESSE DER BRANDLAST	3820.100	1241.200	1661.700	32.000
M-FAKTOR	0.612	0.606	0.918	0.895

EINGABEDATEN DER HALLEN

HALLENNUMMER	89	90	91	92
NUTZUNGSART	1	6	1	3
ANZAHL BRANDABSCHNITTE	3	1	1	1
GROESSE BRANDABSCHNITT	4112.000	3840.000	468.000	1700.000
GROESSE DER BRANDLAST	393.500	14.000	272.900	114.600
M-FAKTOR	0.529	0.760	0.818	0.808

EINGABEDATEN DER HALLEN

HALLENNUMMER	93	94	95	96
NUTZUNGSART	9	7	1	8
ANZAHL BRANDABSCHNITTE	1	1	1	2
GROESSE BRANDABSCHNITT	17000.000	2345.000	8280.000	3425.000
GROESSE DER BRANDLAST	133.200	26.000	353.600	166.000
M-FAKTOR	0.682	0.764	0.973	0.971

EINGABEDATEN DER HALLEN

HALLENNUMMER	97	98	99	100
NUTZUNGSART	10	5	10	10
ANZAHL BRANDABSCHNITTE	2	1	3	2
GROESSE BRANDABSCHNITT	610.000	4620.000	795.000	915.000
GROESSE DER BRANDLAST	90.500	105.700	28.800	29.200
M-FAKTOR	0.820	0.772	0.900	0.762

EINGABEDATEN DER HALLEN

HALLENNUMMER	101	102	103	104
NUTZUNGSART	11	6	6	1
ANZAHL BRANDABSCHNITTE	2	1	3	2
GROESSE BRANDABSCHNITT	900.000	29120.000	2592.000	1080.000
GROESSE DER BRANDLAST	90.700	97.000	55.000	1040.200
M-FAKTOR	0.812	0.630	0.802	0.800

EINGABEDATEN DER HALLEN

HALLENNUMMER	105	106	107	108
NUTZUNGSART	6	10	2	2
ANZAHL BRANDABSCHNITTE	1	1	2	1
GROESSE BRANDABSCHNITT	216.000	5875.000	2040.000	5196.000
GROESSE DER BRANDLAST	52.000	98.100	1257.500	5657.000
M-FAKTOR	1.145	0.777	0.320	0.221

EINGABEDATEN DER HALLEN

HALLENNUMMER	109	110	111	112
NUTZUNGSART	10	3	8	8
ANZAHL BRANDABSCHNITTE	2	2	2	1
GROESSE BRANDABSCHNITT	22612.000	2394.000	1264.000	1240.000
GROESSE DER BRANDLAST	84.200	660.800	74.000	41.000
M-FAKTOR	0.833	0.812	0.683	0.628

EINGABEDATEN DER HALLEN

HALLENNUMMER	113	114	115	116
NUTZUNGSART	1	1	1	4
ANZAHL BRANDABSCHNITTE	1	2	1	2
GROESSE BRANDABSCHNITT	750.000	10000.000	7882.000	4556.000
GROESSE DER BRANDLAST	1061.900	126.500	482.600	2111.700
M-FAKTOR	0.500	0.795	0.670	0.130

EINGABEDATEN DER HALLEN

HALLENNUMMER	117	118	119	120
NUTZUNGSART	6	6	6	6
ANZAHL BRANDABSCHNITTE	1	1	2	1
GROESSE BRANDABSCHNITT	6750.000	9844.000	6088.000	7272.000
GROESSE DER BRANDLAST	25.000	45.000	28.000	56.000
M-FAKTOR	0.741	0.628	0.673	0.770

EINGABEDATEN DER HALLEN

HALLENNUMMER	121	122	123	124
NUTZUNGSART	7	5	6	2
ANZAHL BRANDABSCHNITTE	1	1	1	1
GROESSE BRANDABSCHNITT	452.000	3150.000	1044.000	815.000
GROESSE DER BRANDLAST	79.000	30.400	18.000	4884.800
M-FAKTOR	0.579	0.651	0.671	0.790

EINGABEDATEN DER HALLEN

HALLENNUMMER	125	126	127	128
NUTZUNGSART	1	6	1	7
ANZAHL BRANDABSCHNITTE	1	1	1	1
GROESSE BRANDABSCHNITT	3260.000	15071.000	1690.000	2385.000
GROESSE DER BRANDLAST	859.500	53.000	427.800	20.000
M-FAKTOR	0.829	0.805	1.220	0.495

EINGABEDATEN DER HALLEN

HALLENNUMMER	129	130	131	132
NUTZUNGSART	1	8	7	5
ANZAHL BRANDABSCHNITTE	3	1	3	1
GROESSE BRANDABSCHNITT	24000.000	720.000	4030.000	4633.000
GROESSE DER BRANDLAST	220.700	70.000	45.000	30.300
M-FAKTOR	0.971	0.887	0.758	0.893

EINGABEDATEN DER HALLEN

HALLENNUMMER	133	134	135	136
NUTZUNGSART	1	8	1	6
ANZAHL BRANDABSCHNITTE	1	1	1	1
GROESSE BRANDABSCHNITT	482.000	482.000	1500.000	6431.000
GROESSE DER BRANDLAST	146.200	48.000	697.700	23.000
M-FAKTOR	0.851	0.890	0.985	0.801

EINGABEDATEN DER HALLEN

HALLENNUMMER	137	138	139	140
NUTZUNGSART	9	5	1	8
ANZAHL BRANDABSCHNITTE	1	1	1	1
GROESSE BRANDABSCHNITT	1675.000	6654.000	7541.000	3990.000
GROESSE DER BRANDLAST	5.000	33.600	616.900	117.000
M-FAKTOR	0.448	1.000	1.000	1.200

EINGABEDATEN DER HALLEN

HALLENNUMMER	141	142	143	144
NUTZUNGSART	7	9	9	7
ANZAHL BRANDABSCHNITTE	1	1	1	1
GROESSE BRANDABSCHNITT	1200.000	2660.000	85250.000	587.000
GROESSE DER BRANDLAST	14.300	78.000	31.500	5.000
M-FAKTOR	0.458	0.299	0.316	0.700

Anhang 2

Beschreibung der Nutzung der ausgewerteten Hallen
in den einzelnen Nutzungsarten mit Angabe der vor-
handenen Brandlast

Zusammenstellung der Nutzungen in den
einzelnen Nutzungsarten

Anhang 2. 1

1 Lagerung brennbarer Stoffe in Mengen kleiner 150 kg/qm

Nr.	Nutzung 001	Menge kg/qm	Brandlast kWh/qm
10	Speditionslager / Packerei	138	599
115	Lagerung und Versand von Teppichen	82	483
125	Kunststofffertigteilager für KFZ-Produktion	94	860
11	Lager von Pigmenten, Pasten und Harzen, Verpackung für Bleche und Kunststoffe	132	1361
28	Lagerung von PU-Schaumstoffblöcken	26	183
104	Lagerung von Granulaten (A.B.S., PP, PVC)	85	1040
114	Lagerung und Versand von Autoersatzteilen	24	127
17	Lagerhalle für Maschinenteile	84	391
139	Lagerhalle für Reserveteile der Stahlindustrie	133	617
113	Lagerhalle für Reserveteile der Stahlindustrie	126	1062
127	Lackiererei mit Lacklager	52	428
133	Lagerung von Erfrischungstüchern	23	146
135	Lager für Elektromotore und Kartonage	147	698
20	Lagerung brennbarer Chemikalien	28	178
42	Möbellager	42	230
48	Lagerung von Küchenteilen und Elektrogeräten	46	253
89	Lagerung von Lebensmitteln mit Verpackung	84	393
95	Lagerung von Konserven mit Verpackung	73	354
129	Lagerung von Konserven	45	221
91	Lagerung von Wellpappe	58	273

Brandlasterhebung für Industriehallen

GhK 1984

**Zusammenstellung der Nutzungen in den
 einzelnen Nutzungsarten.**

Anhang 2. 2

2 Lagerung brennbarer Stoffe in Mengen größer 150 kg/qm

Nr.	Nutzung 002	Menge kg/qm	Brandlast kWh/qm
5	Lager für Spedition	585	3014
6	Lager für Spedition	440	2266
29	Lager für Zelte, Gewebe (Kunstfasern, Baumwolle)	737	4673
124	Granulatlager (A.B.S., PVC, PP, PA, u.a.)	489	4885
23	Reifenlager	190	1325
60	Lagerung von Schrauben (Verpackung, Holz und Pappe)	301	1406
38	Lagerung von Brettern und Furnieren	175	816
84	Lagerung von Spanplatten	1332	6195
82	Lagerung von Spanplatten	1715	7980
80	Lagerung und Verladung von Span- und Tischlerplatten	1582	7361
71	Lagerung von Spanplatten (brennbare Dachabdeckung)	1955	9093
46	Lagerung von Papierrollen	1890	8799
73	Papierlagerung	401	1867
107	Lagerung von Druckerzeugnissen	321	1258
108	Lagerung und Verpackung von Druckerzeugnissen	1473	5657
87	Regallagerung von Holz und Kunststoffen	308	1662

Brandlasterhebung für Industriehallen

GhK 1984

Zusammenstellung der Nutzungen in den
einzelnen Nutzungsarten

Anhang 2. 3

3 Herstellung und Lager von Stoffen brennb. Material kl. 150 kg/qm

Nr.	Nutzung 003	Menge kg/qm	Brandlast kWh/qm
50	Herstellung von Heimtextilien und Autostoffen	9	56
92	Wellpappenverarbeitung	28	115
56	Pappebearbeitung (Wellpappe)	45	186
62	Produktion und Lagerung von Wellpappe	38	157
72	Spanplattenbeschichtung	42	214
78	Produktion von Tischlerplatten	119	512
63	Produktion mit Zwischenlager von Kunststoffen	75	384
81	Produktion (Beleimung) von Spanplatten mit Zwischenlager	143	678
110	Veredelung (Weiterverarbeitung) von Zucker	145	661

4 Herstellung und Lager von Stoffen brennb. Material gr. 150 kg/qm

Nr.	Nutzung 004	Menge kg/qm	Brandlast kWh/qm
86	Maschinenhalle mit Lagerung von Spanplatten	268	1241
83	Maschinenhalle mit Lagerung von Spanplatten	1745	8123
70	Fertigungshalle mit Zwischenlager für Spanplatten	1173	5454
74	Fertigungs- und Lagerhalle für Spanplatten	229	1064
75	Fertigung, Lager und Versand von Spanplatten	171	793
76	Zwischenlager und Endfertigung von Multiplexplatten	164	1133
77	Schleiferei und Zwischenlager von Holzplatten	435	2003
79	Produktion und Zwischenlager von Spanplatten	397	1813
85	Schleiferei und Lagerung von Spanplatten	825	3820
116	Herstellung von Polypropylen-Granulaten	176	2112

5 Lagerung von im wesentlichen nicht brennbaren Stoffen

Nr.	Nutzung 005	Brandlast kWh/qm
21	Blechteilelager	5
53	Produktion und Zwischenlager von Aluminiumclips	16
122	Lager für Gußteile und Verpackungsmaterial	30
138	Lagerung von Blechen und Coils	34
55	Baustofflager und -markt	48
25	Lagerung von Asbestzement	25
31	Rohglaslagerung	81
30	Rohglaslager mit Glasabstapelung	23
132	Rohglaslager	30
33	Lagerung und Versand von Rohglas	23
27	Lager für Ersatz- und Maschinenteile	31
26	Lagerung von Blechteilen sowie Kunststoffen	17
98	Versand von Backwaren einer Großbäckerei	106

6 Montage von Straßen- und Schienenfahrzeugen

Nr.	Nutzung 006	Brandlast kWh/qm
117	Fertigung von Motoradteilen	25
119	Fertigung von Motoren für Motorräder	28
9	Fertigung von Motorrädern	27
120	Motorrad Vor- und Endmontage	56
102	Herstellung von Straßenfahrzeugen (Pressenstraße)	97
103	Produktion von Straßenfahrzeugen (Verarbeitung von A.B.S., PP)	55
90	Herstellung von Karosserieaufbauten	14
37	Montage von Baumaschinen (Bagger, Grader)	112
44	Fertigung von KFZ-Aufbauten	32
136	Fertigung von Omnibusfahrgestellen	23
13	Vorfertigung und Produktion von Reisezügen, Bussen und Straßenbahnen	
22	Reifenmontage und Felgenlackiererei	31
105	Lackiererei für KFZ-Herstellung	52
118	Lackiererei Motorrad- und Ersatzteilefertigung	45
123	Motorenprüffeld	18
126	Maschinenhalle	53
14	Produktion und Montage von Eisenbahnwaggons, Reisezügen und Lokomotiven, Bereitstellung und Lagerung von Produktionsmaterial	5

7 Verarbeitung von Metallteilen

Nr.	Nutzung 007	Brandlast kWh/qm
7	Zerteilen, Verpacken und Lagern vom Feinblechen	115
35	Leichtmetall Fensterbau	5
36	Dreherei, Elektrolager und -werkstatt	5
39	Herstellung von Asphaltmischanlagen	43
47	Herstellung von Druckmaschinen	37
57	Herstellung von Druckmaschinen	97
49	Maschinenbau ohne weiteren Angaben	20
51	Fugenübergangfertigung für Eisenbahnen	79
52	Lackierhalle für Stahlbauteile	11
54	gemischte Nutzung mit Galvanik und Öllager	12
59	Produktion von Meßwerkzeugen	21
61	Pulverbeschichtung von Autoteilen	35
65	Teilefertigung für Dieseleinspritzpumpen	64
121	Verladehalle für Halle 65	79
94	Verarbeitung von Metallprofilen	26
141	mechanische Werkstatt	14
131	Herstellung von Verpackungsmaschinen	45
128	Verarbeitung von Kleiseisenteilen	20
144	Halle über Schienen-Süßgeanlage	5

8 Verarbeitung von Holz und Kunststoffen

Nr.	Nutzung 008	Brandlast kWh/qm
8	Kunststoffverarbeitung mit Thermodruckpresse mit Lagerung von Holz- und Textilmaterial	149
130	Näherei (Hauptbrandlast aus Holz und Spanplatten)	70
88	Produktion und Lagerung von flexiblen Kunststoffrohren	32
64	Pianofortefabrik	64
96	Möbelfabrik	166
111	Verarbeitung von thermoplastischen Kunststoffen (PE,PP,PVC)	74
112	Verarbeitung ungesättigter Polyesterharze mit Glasfaserverstärkung	41
140	Bedruckungs und Lackierungsanlage	117
134	Herstellung und Lagerung von Erfrischungstüchern	48

9 Herstellung von Teilen aus Metallwerkstoffen

Nr.	Nutzung 009	Brandlast kWh/qm
12	Preßwerk und Zieherei, sowie Lagerung von NE-Metallen und Halbzeug	78
19	Drahtstraße	125
43	Druckgußteileproduktion	60
137	Produktion Titanfertigung	5
93	Preßwerke für Leichtmetallprofile mit Ausschäumungsanlage	133
142	Kaltzieherei	78
143	Walzwerk mit Adjustagen	31
15	Produktion von Messinggußblöcken, sowie Gießen und Lagern von Vormaterial	19

Zusammenstellung der Nutzungen in den Anhang 2. 10
einzelnen Nutzungsarten

10 Montage, sowie Produktion mit Lagerung von Elektroteilen

Nr.	Nutzung 010	Brandlast kWh/qm
45	Produktion von Kleinelektromotoren	88
99	Elektrowerkstatt (Motorenbau)	29
100	Motorenbau	29
16	Montage von Elektroteilen	37
106	Montage und Verladung von Elektroteilen	98
109	Montage, Lager und Versand von Elektroteilen	84
97	Umschlaghalle von Haushaltselektrogeräten	91

11 Unterstellung, Wartung und Verwertung von Kraftfahrzeugen

Nr.	Nutzung 011	Brandlast kWh/qm
3	Ausschlachtung und Unterstellung	36
4	Autoreparatur und Instandsetzung	78
40	Unterstellung von PKW	27
101	Lagerung Autoersatzteile und KFZ-Verwertung	91
24	Versand von LKW-Teilen	30

Zusammenstellung der Nutzungen in den
einzelnen Nutzungsarten

Anhang 2. 11

12 Herstell., Verarb. und Versand von mineral. und Glaswerkstoffen

Nr.	Nutzung 012	Brandlast kWh/qm
32	Glasschneidehalle	81
41	Industrieedelsteinfertigung	40
58	Produktion von Isoliergläsern	13
34	Versandhalle für Rohglas	78
66	Verarbeitung von Glaswaren	178

13 Hallen der Kali und Salz Industrie, große Höhen und Zwischenbenen

Nr.	Nutzung 013	Brandlast kWh/qm
67	Lösehaus	1112
68	Kieseritverlösung	1116
69	KCL-Trocknung	380

Zusammenstellung der Nutzungen in den
einzelnen Nutzungsarten

Anhang 2. 12

14 Umschlagbetriebe

Nr.	Nutzung 014	Brandlast kWh/qm
1	Umschlag von Papier aus Seeschiffen	12001
2	Umschlag von Papier aus Seeschiffen	13523

15 Kaltwalzwerke

Nr.	Nutzung 015	Brandlast kWh/qm
18	Stahlkaltwalzwerk	751

Brandlasterhebung für Industriehallen

GhK 1984

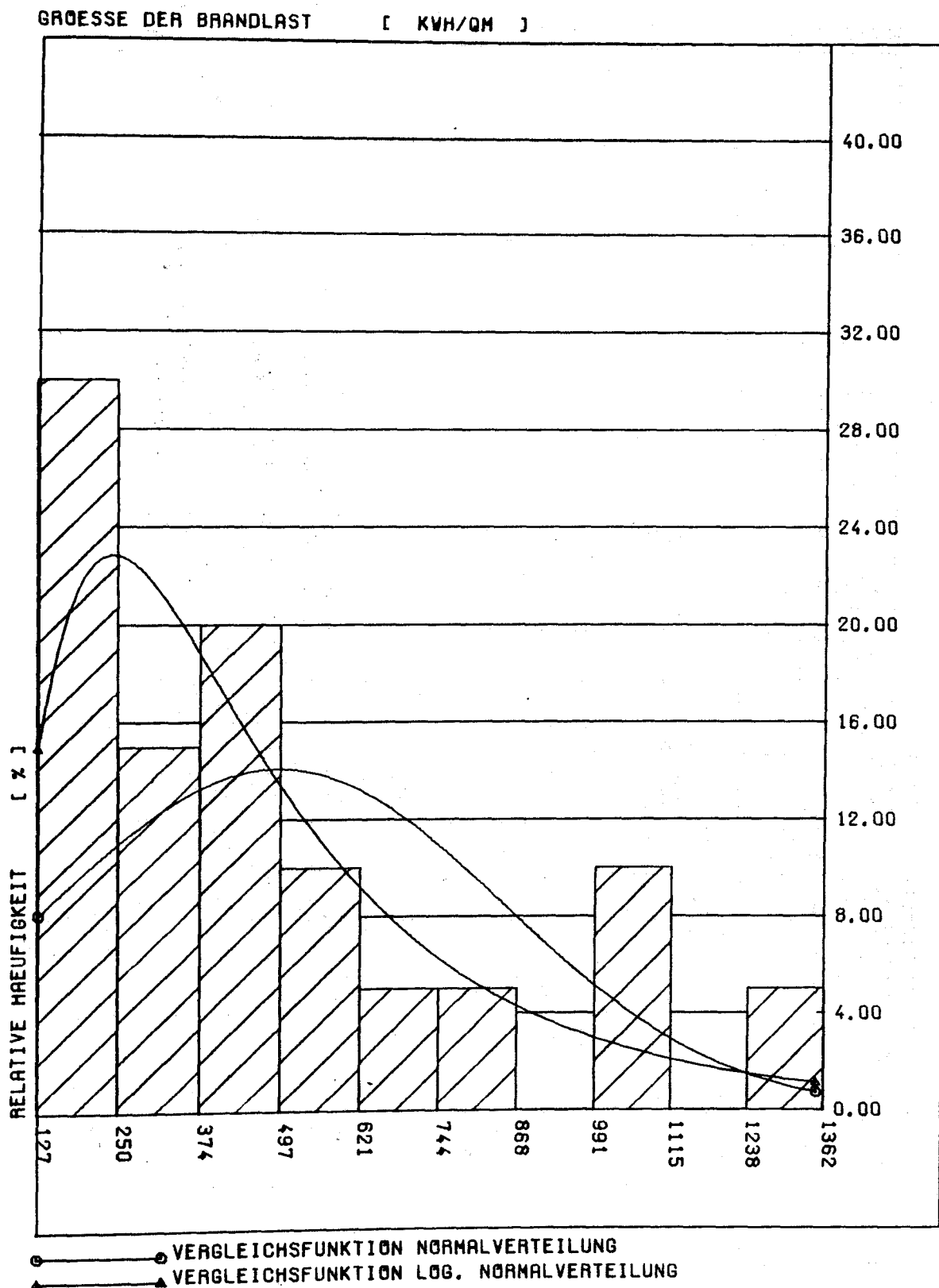
Anhang 3

Häufigkeitsverteilungen für die Größe der Brandlast der einzelnen Nutzungsarten

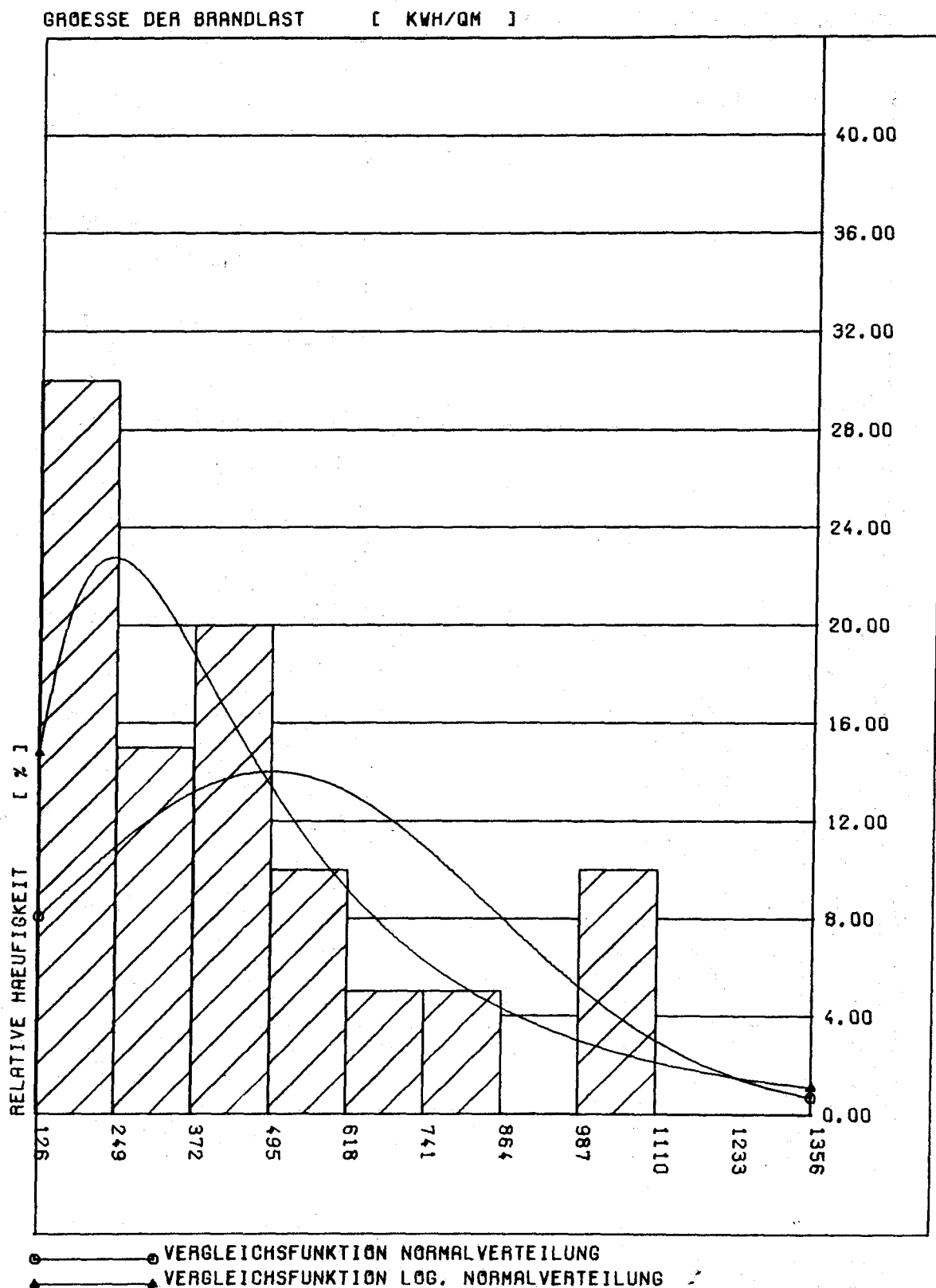
- 3.1 Lagerung brennbarer Stoffe in Mengen kleiner 150 kg/m²
- 3.2 Lagerung brennbarer Stoffe in Mengen größer 150 kg/m²
- 3.3 Herstellung und Lagerung brennbarer Stoffe in Mengen kleiner 150 kg/m²
- 3.4 Herstellung und Lagerung brennbarer Stoffe in Mengen größer 150 kg/m²
- 3.5 Lagerung von im wesentlichen nicht brennbaren Stoffen
- 3.6 Montage von Straßen- und Schienenfahrzeugen
- 3.7 Verarbeitung von Metallteilen
- 3.8 Verarbeitung von Holz und Kunststoffen
- 3.9 Herstellung von Teilen aus Metallwerkstoffen
- 3.10 Montage, sowie Produktion mit Lagerung von Elektroteilen
- 3.11 Unterstellung, Wartung und Verwertung von Kraftfahrzeugen
- 3.12 Herstellung, Verarbeitung und Versand von mineralischen- und Glaswerkstoffen

Die dritte Ziffer gibt an, mit welcher Form der Klasseneinteilung die Histogramme ermittelt wurden (Vgl. Abschnitt 3.3.1).

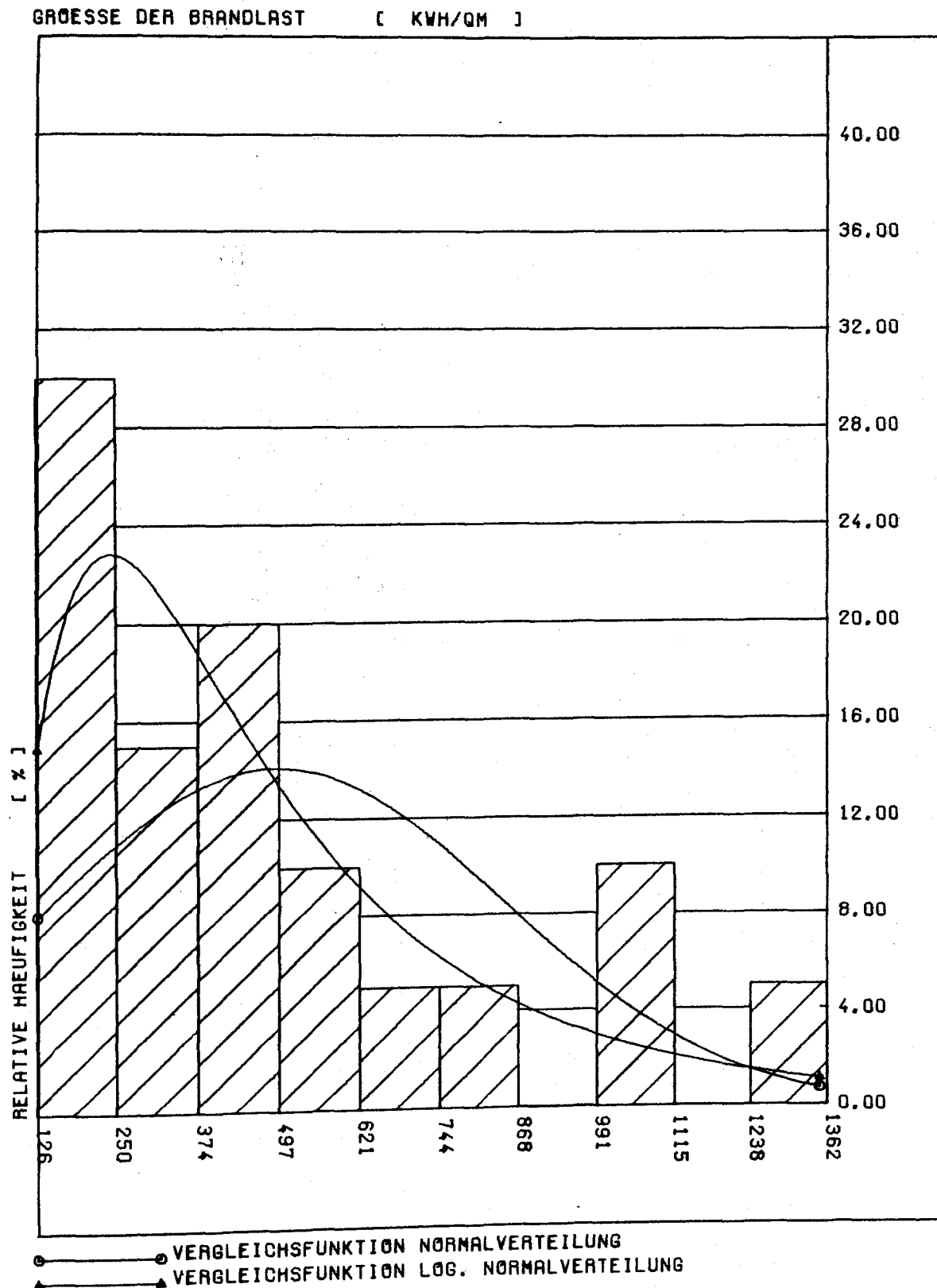
LAGERUNG BRENNBARER STOFFE < 150KG/QM 1.



LAGERUNG BRENNBARER STÖFFE < 150 KG/QM 2

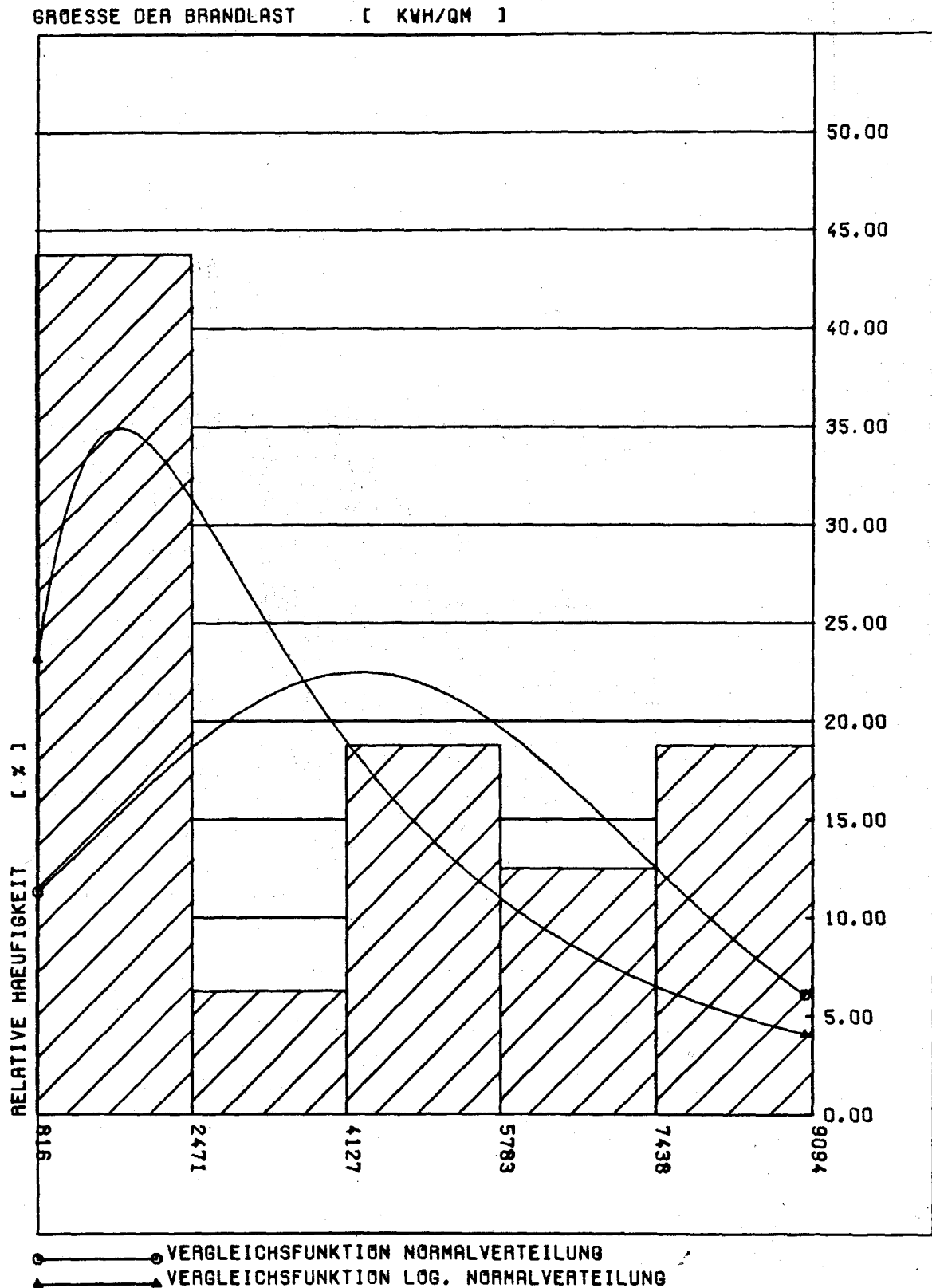


LAGERUNG BRENNBARER STOFFE < 150 KG/QM 3

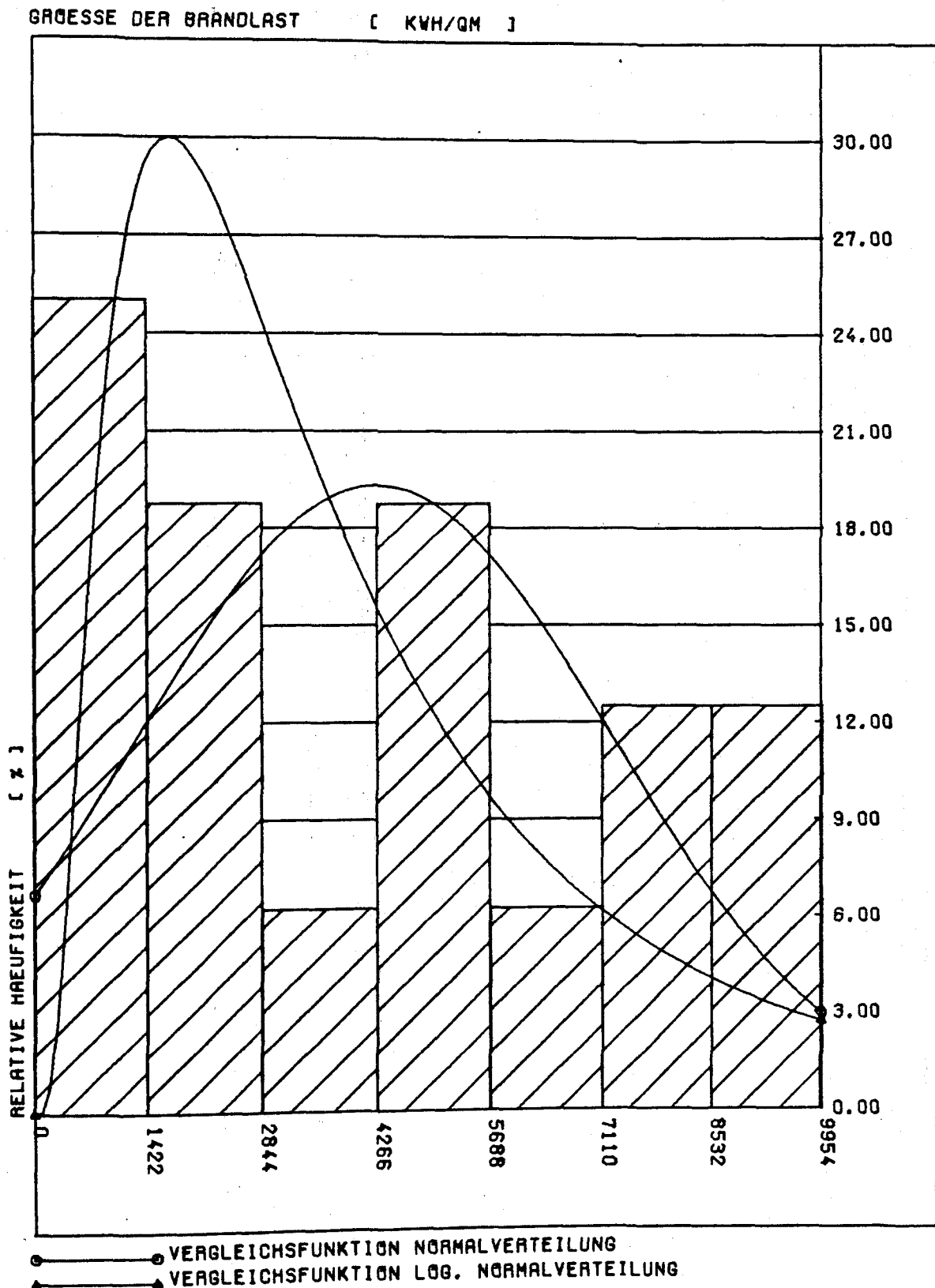


Anhang 3.1.3

LAGERUNG BRENNBARER STÖFFE > 150 KG/QM 1

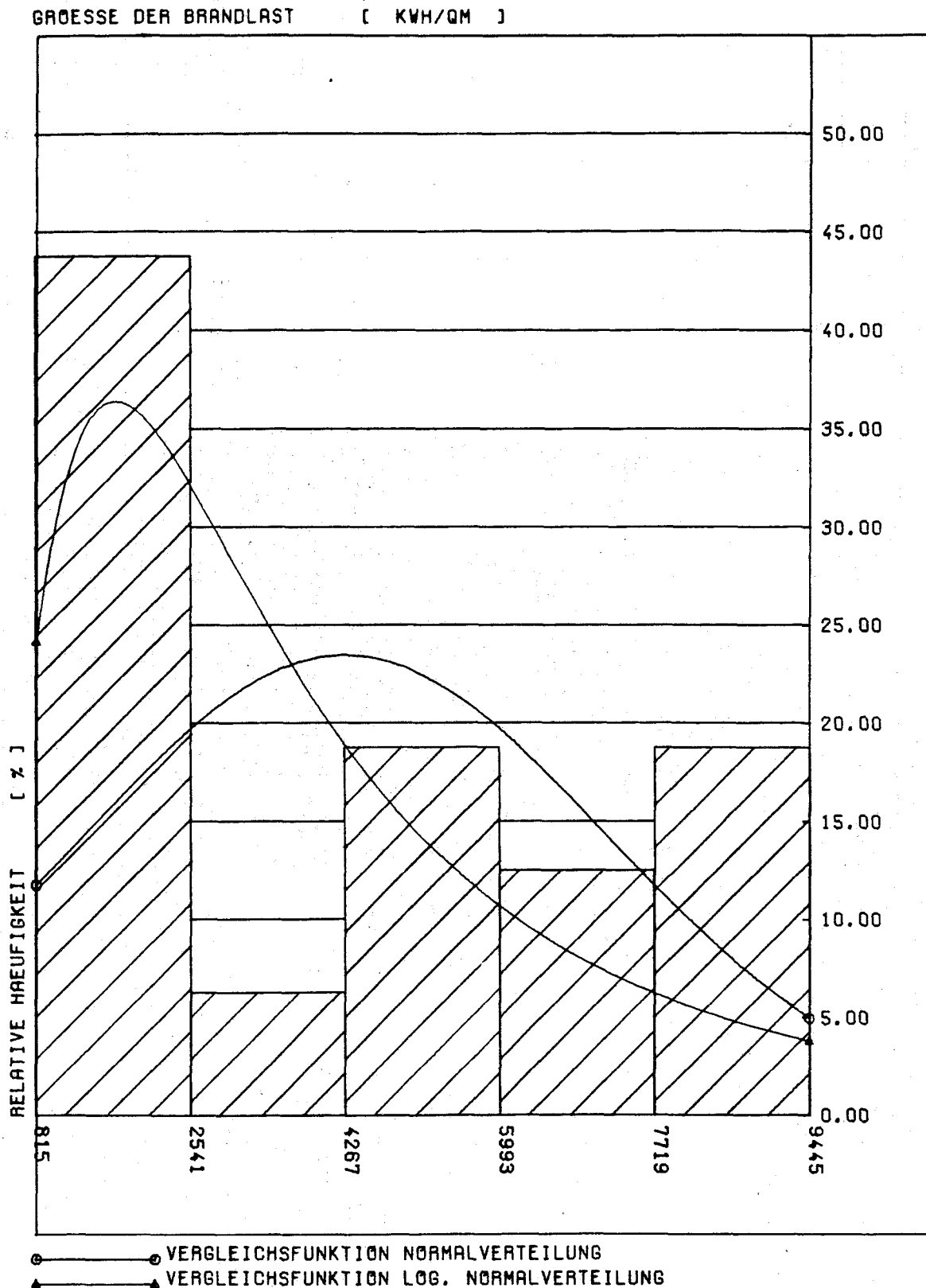


LAGERUNG BRENNBARER STOFFE > 150 KG/QM 2

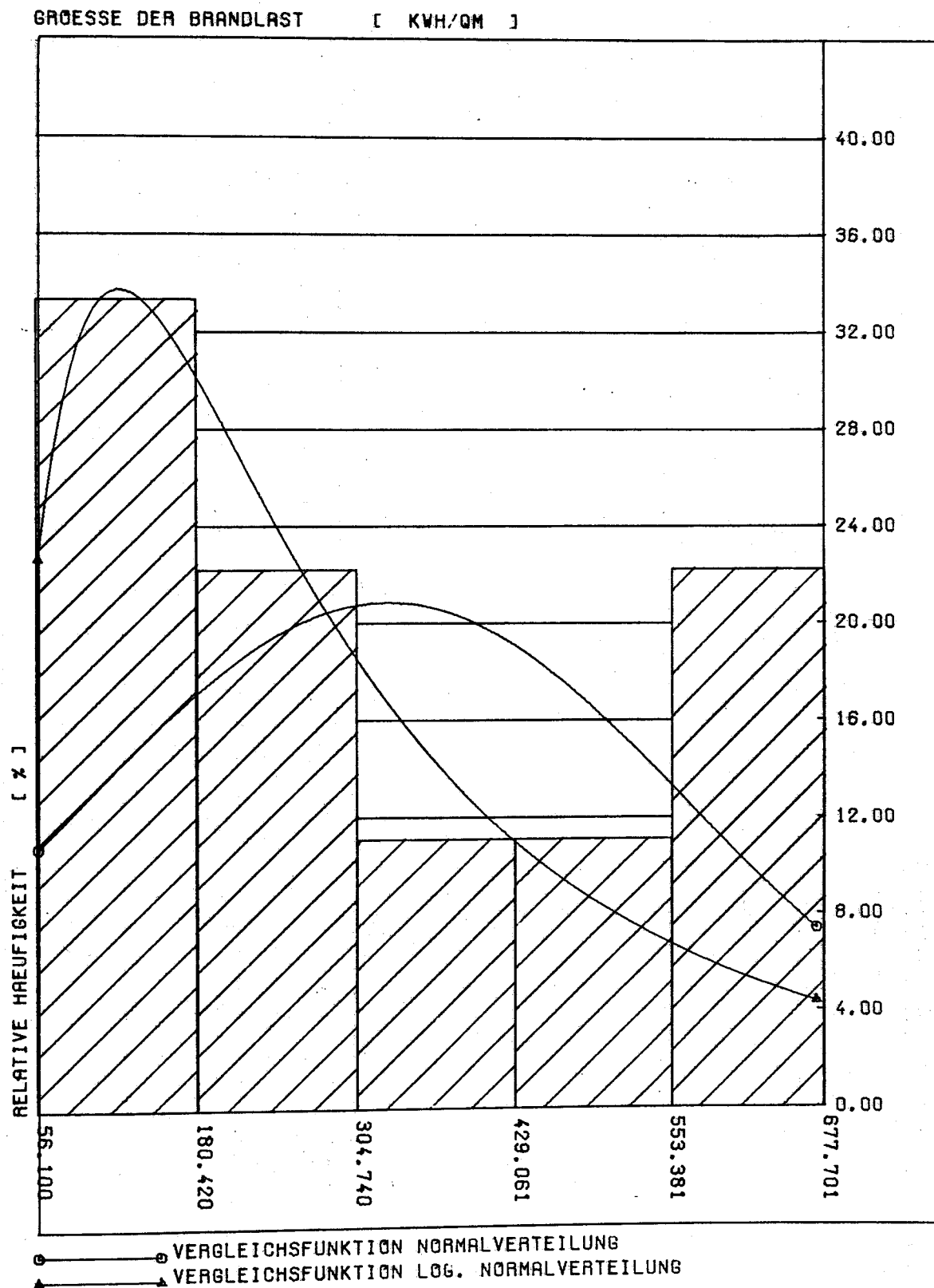


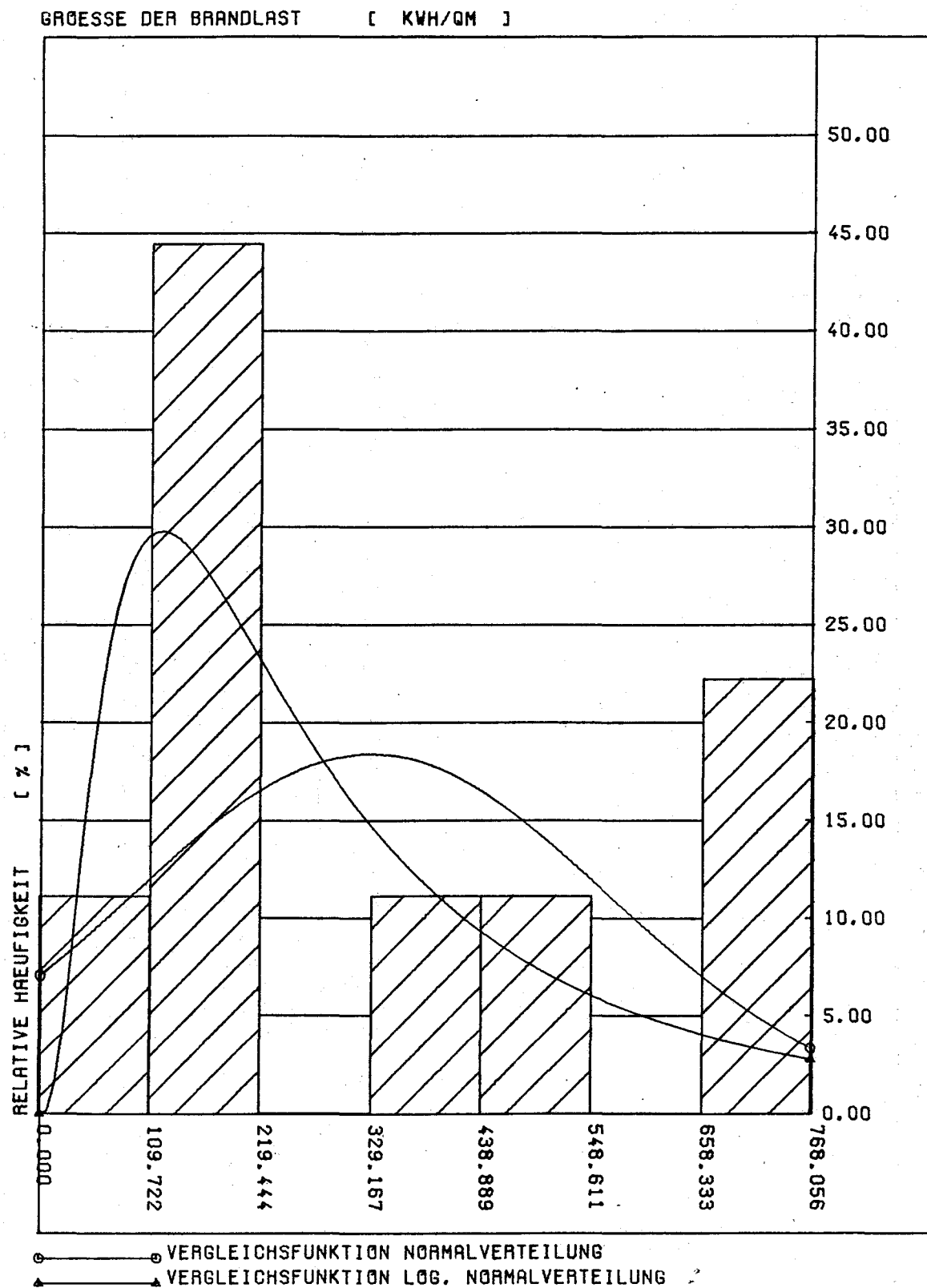
Anhang 3.2.2

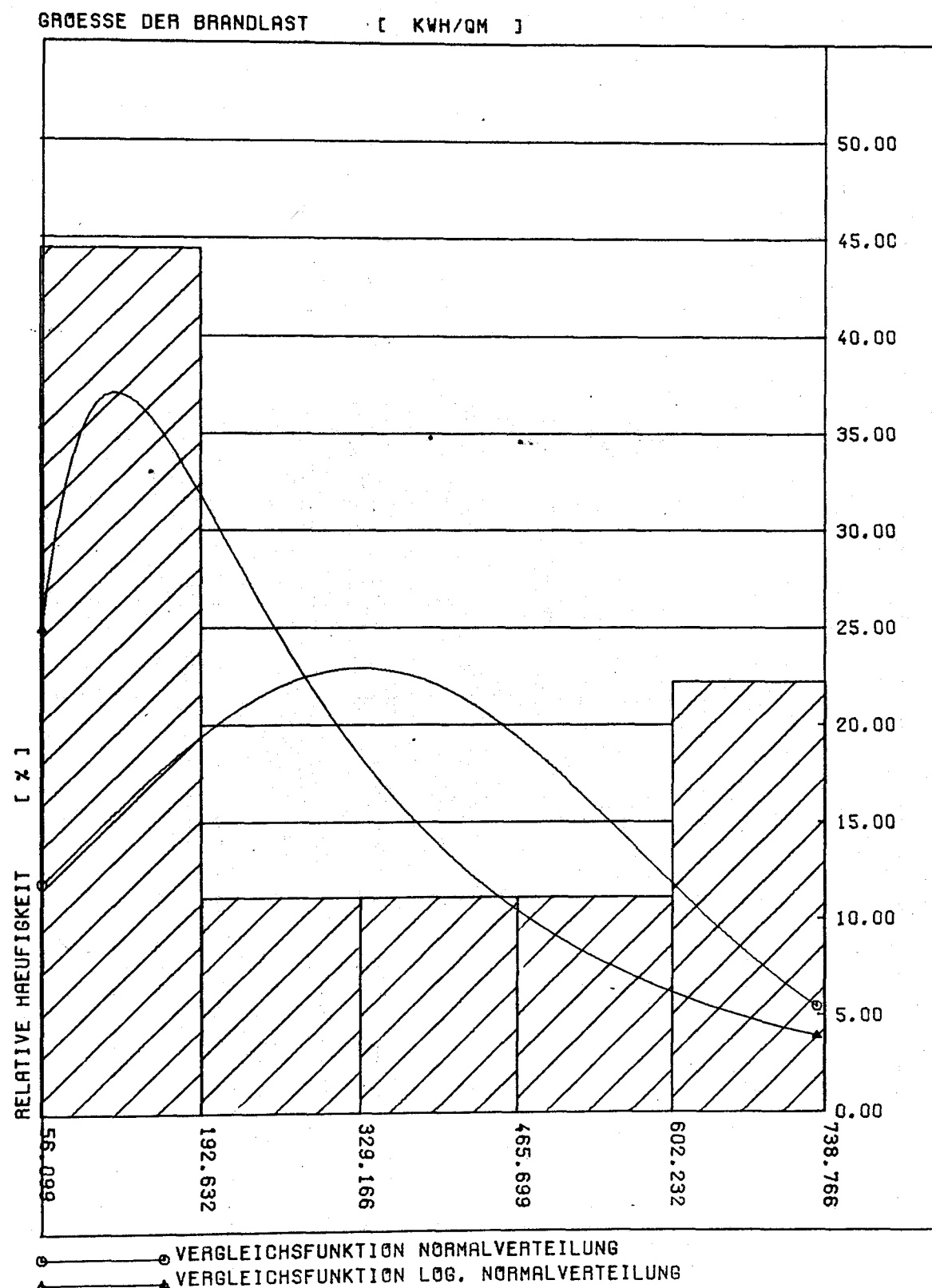
LAGERUNG BRENNBARER STOFFE > 150 KG/QM 3



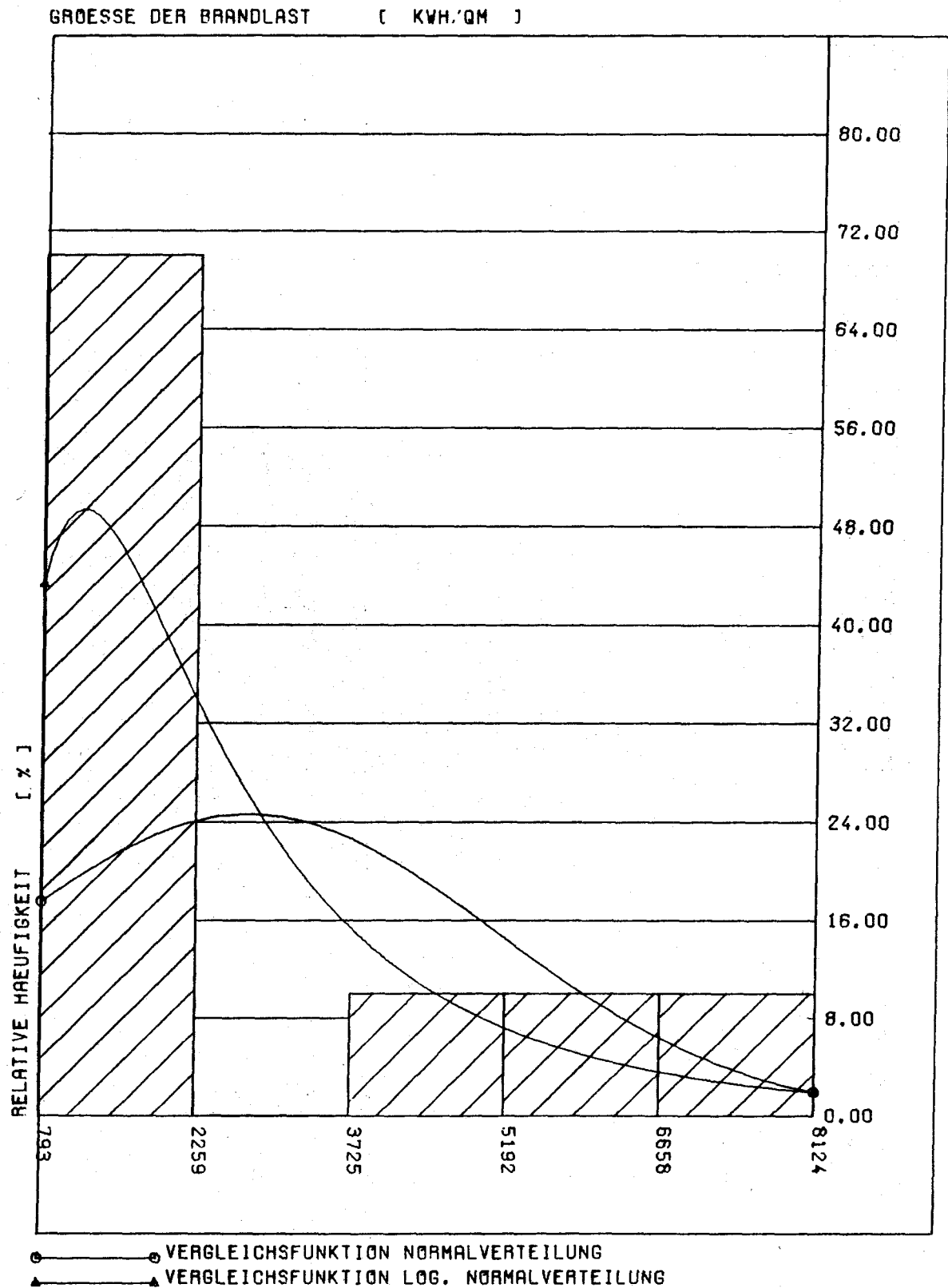
Anhang 3.2.3





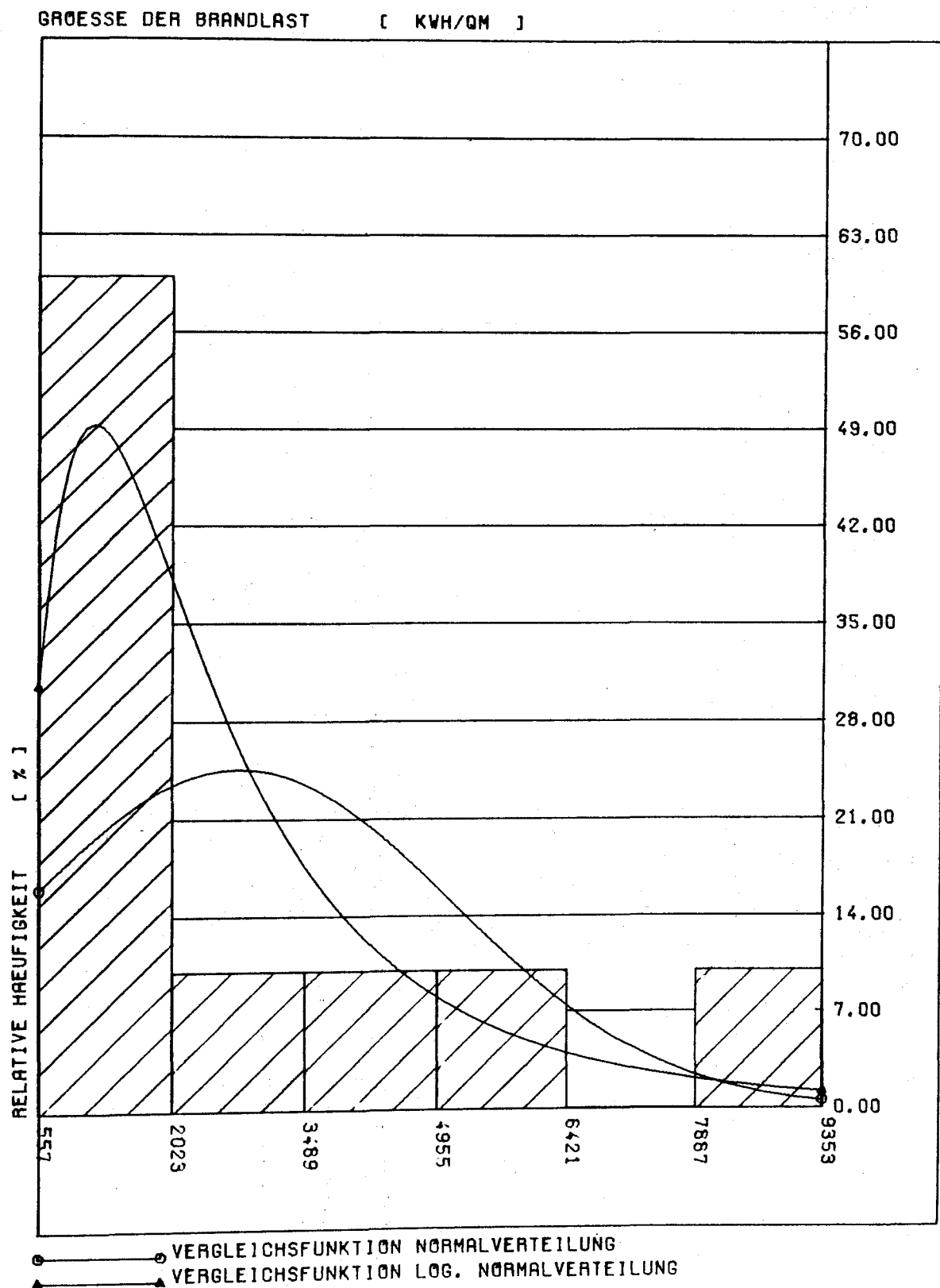


1 NUTZUNGSART : 4



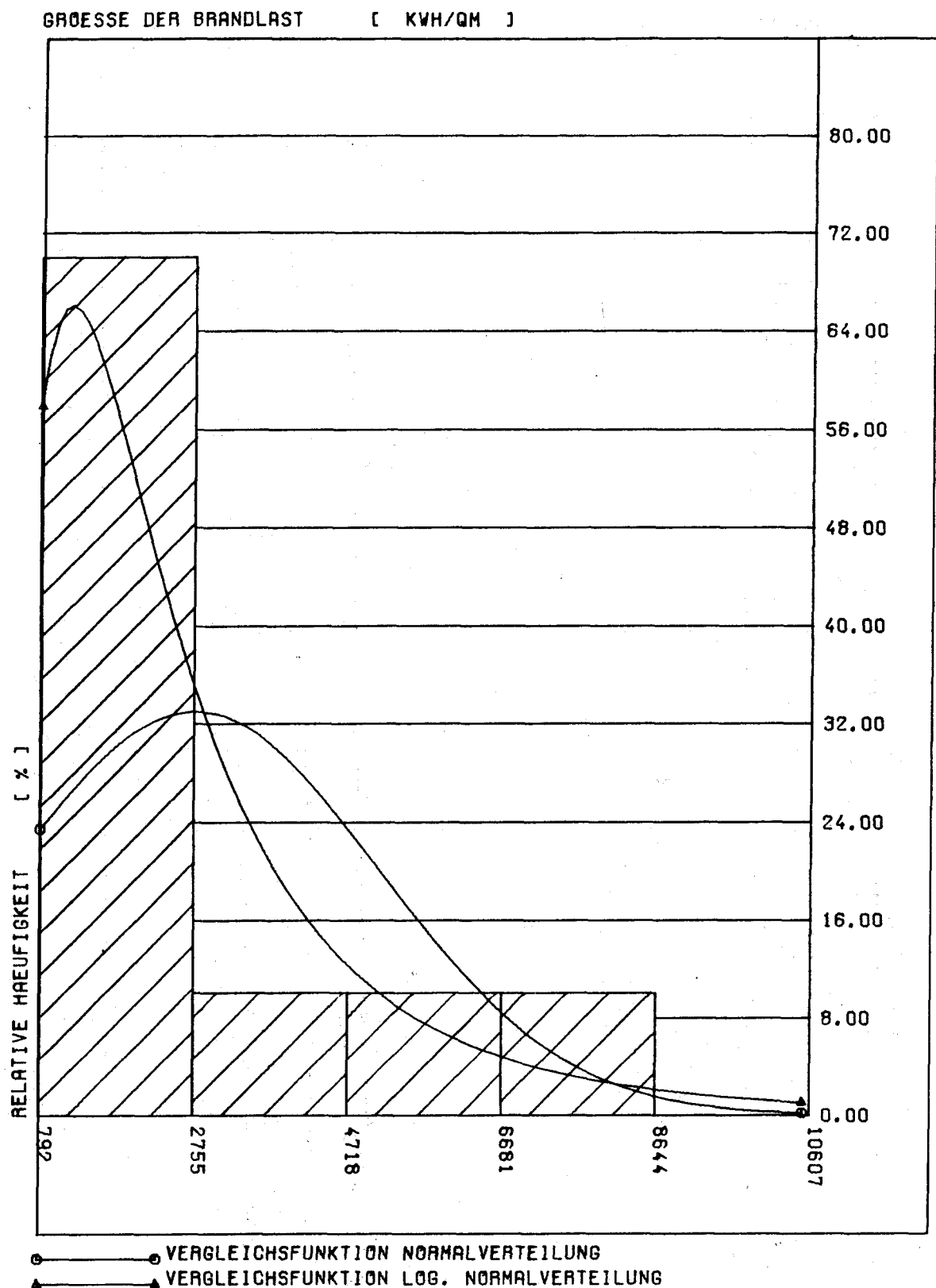
Anhang 3.4.1

2 NUTZUNGSART : 4

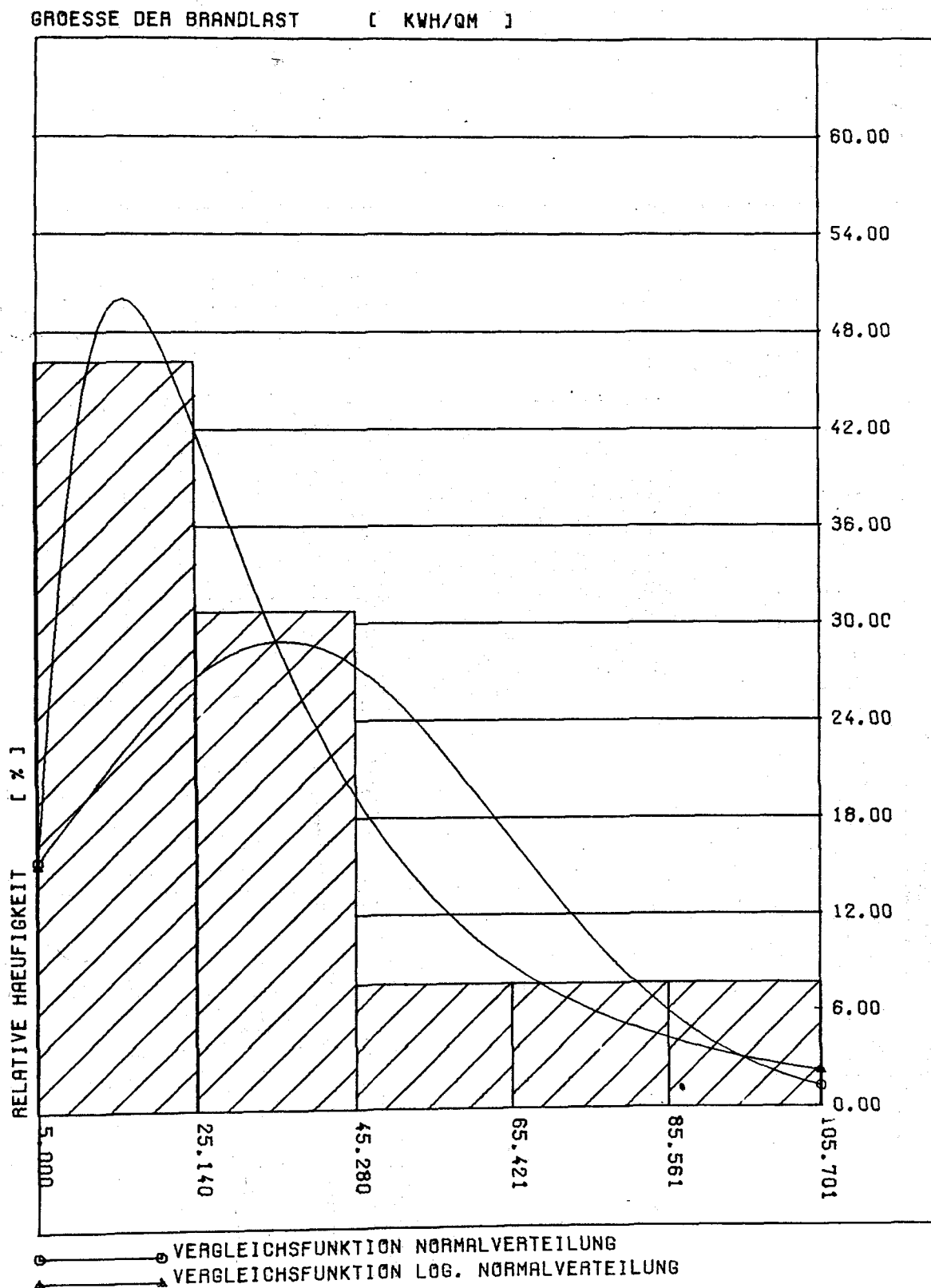


Anhang 3.4.2

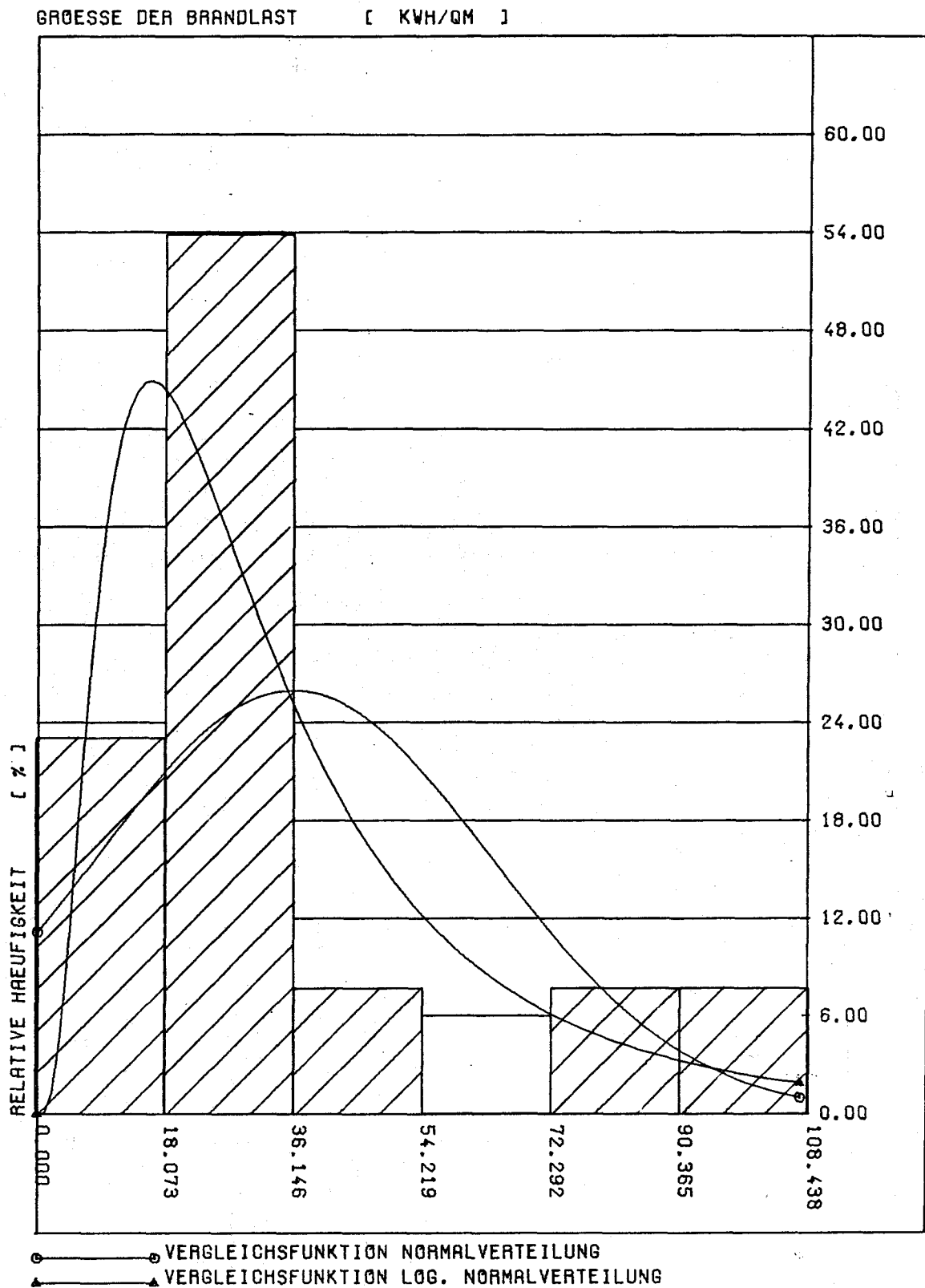
3 NUTZUNGSART : 4



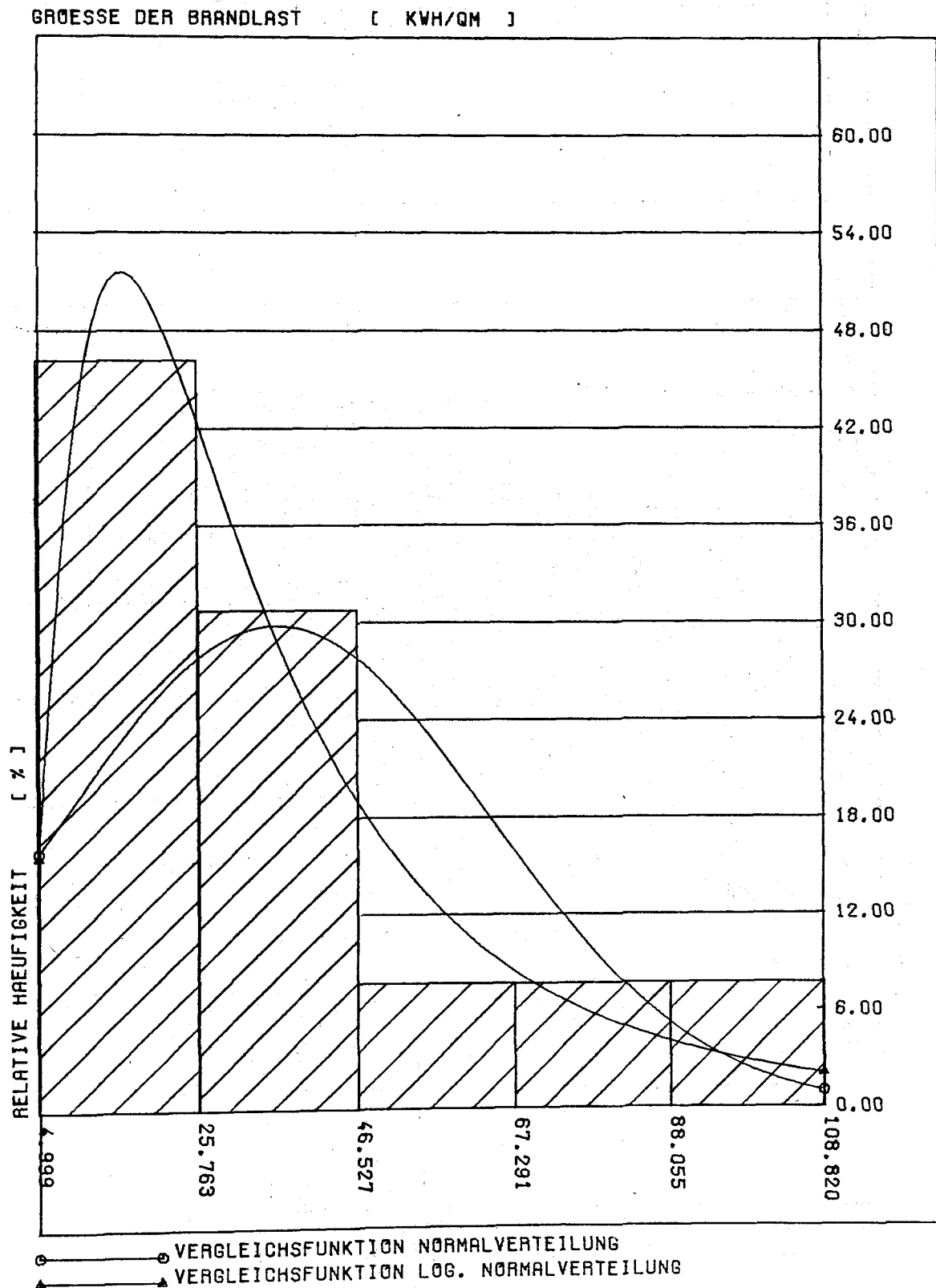
Anhang 3.4.3

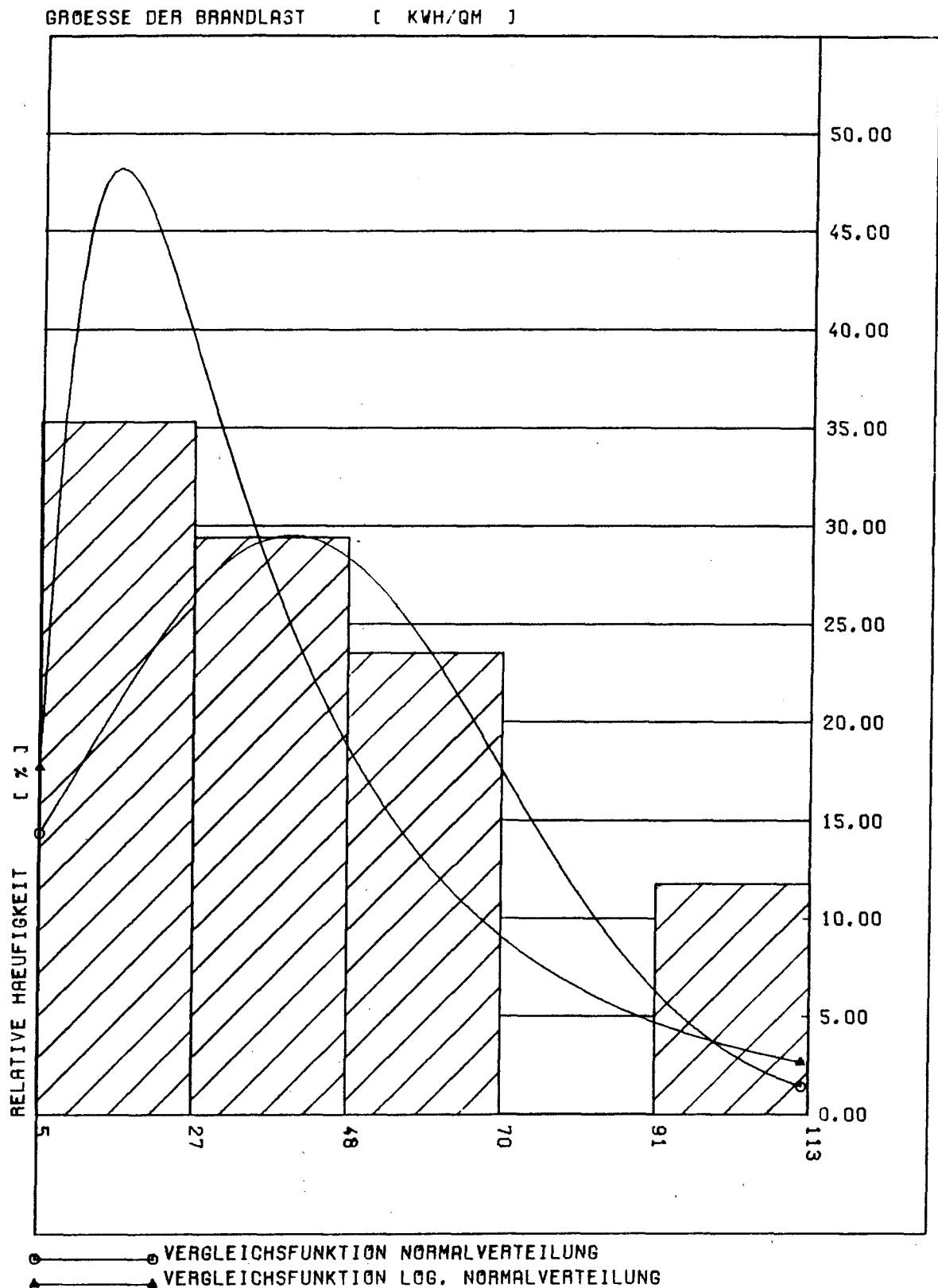


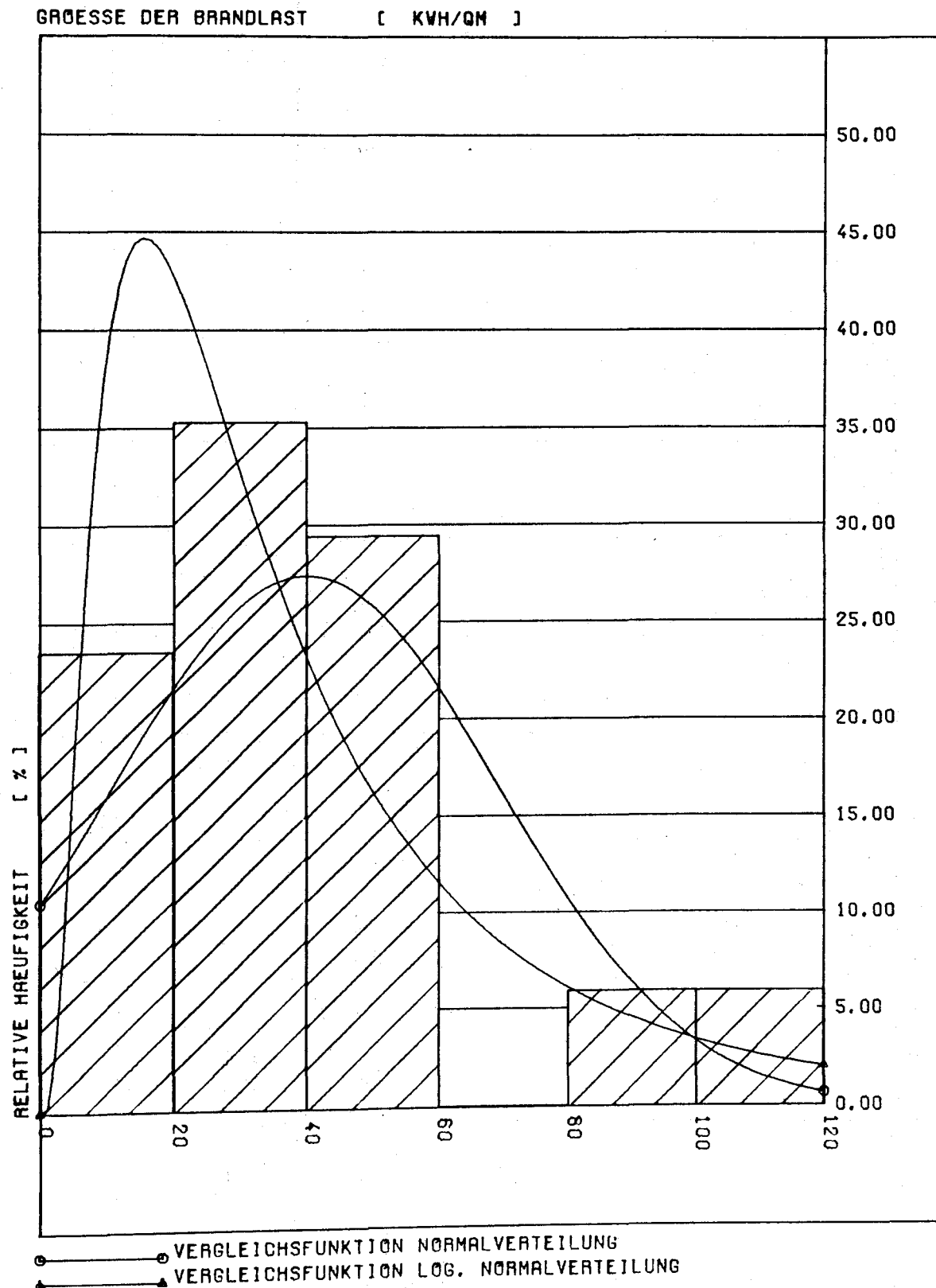
Anhang 3.5.1



Anhang 3.5.2

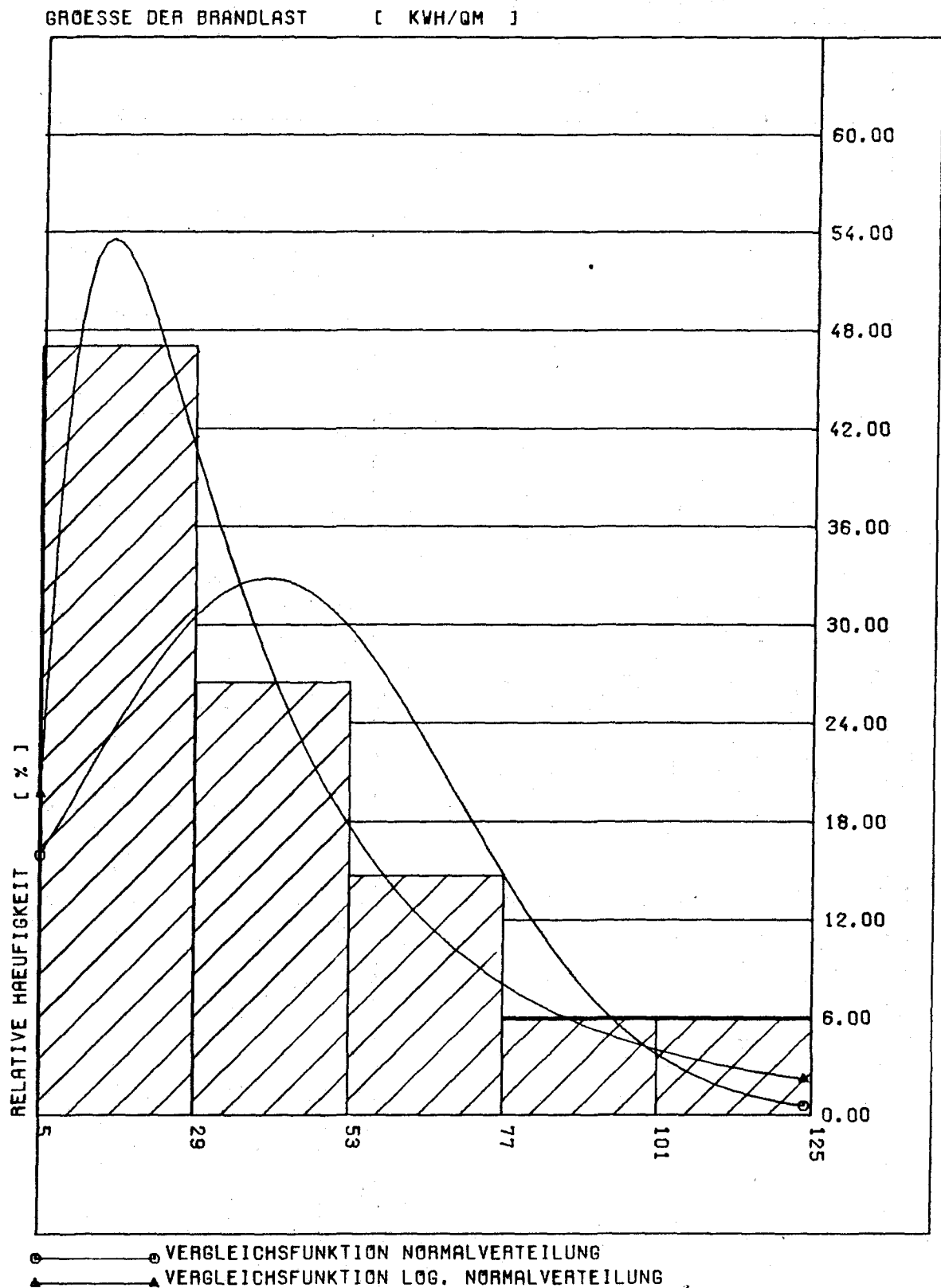




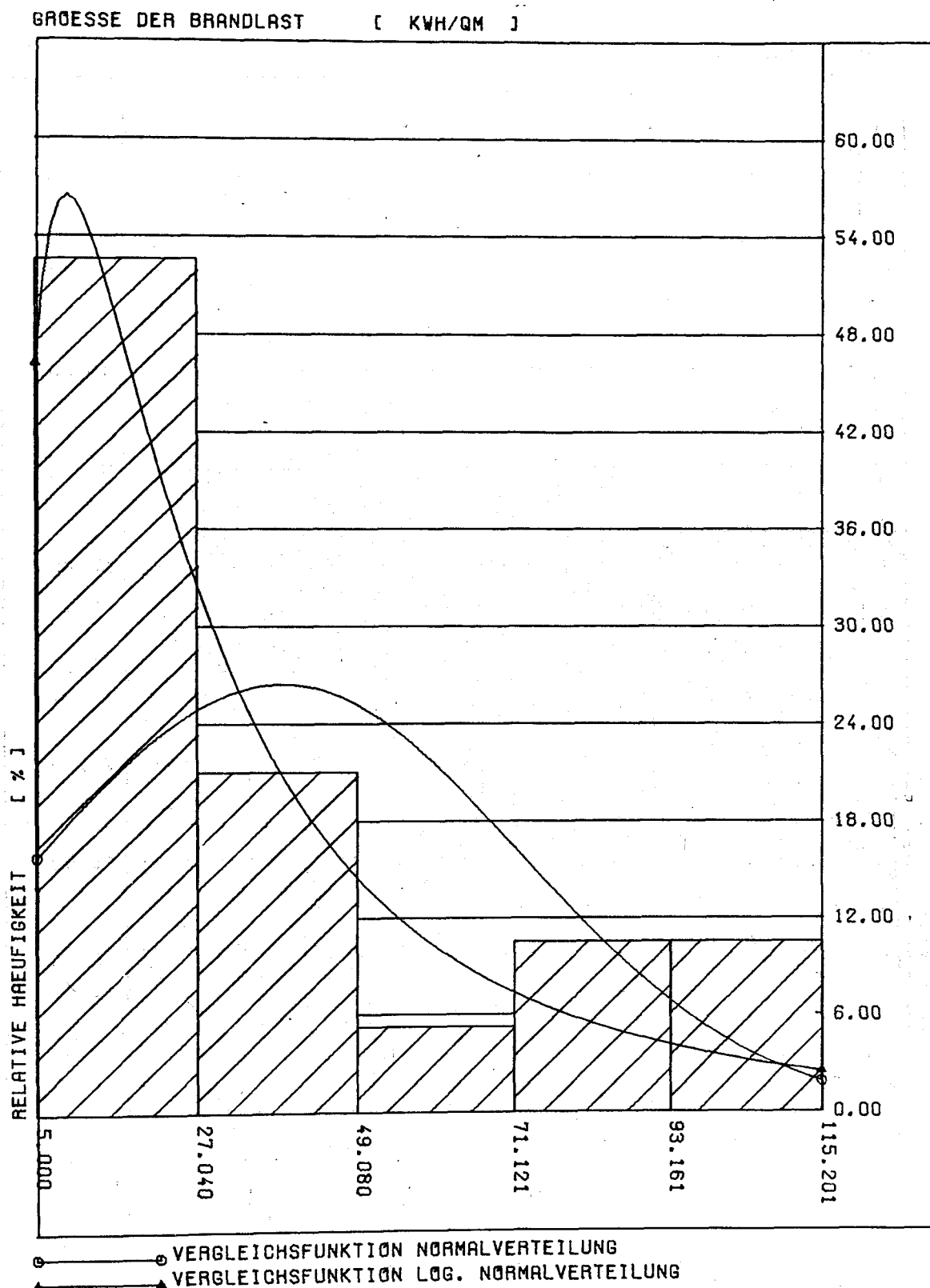


Anhang 3.6.2

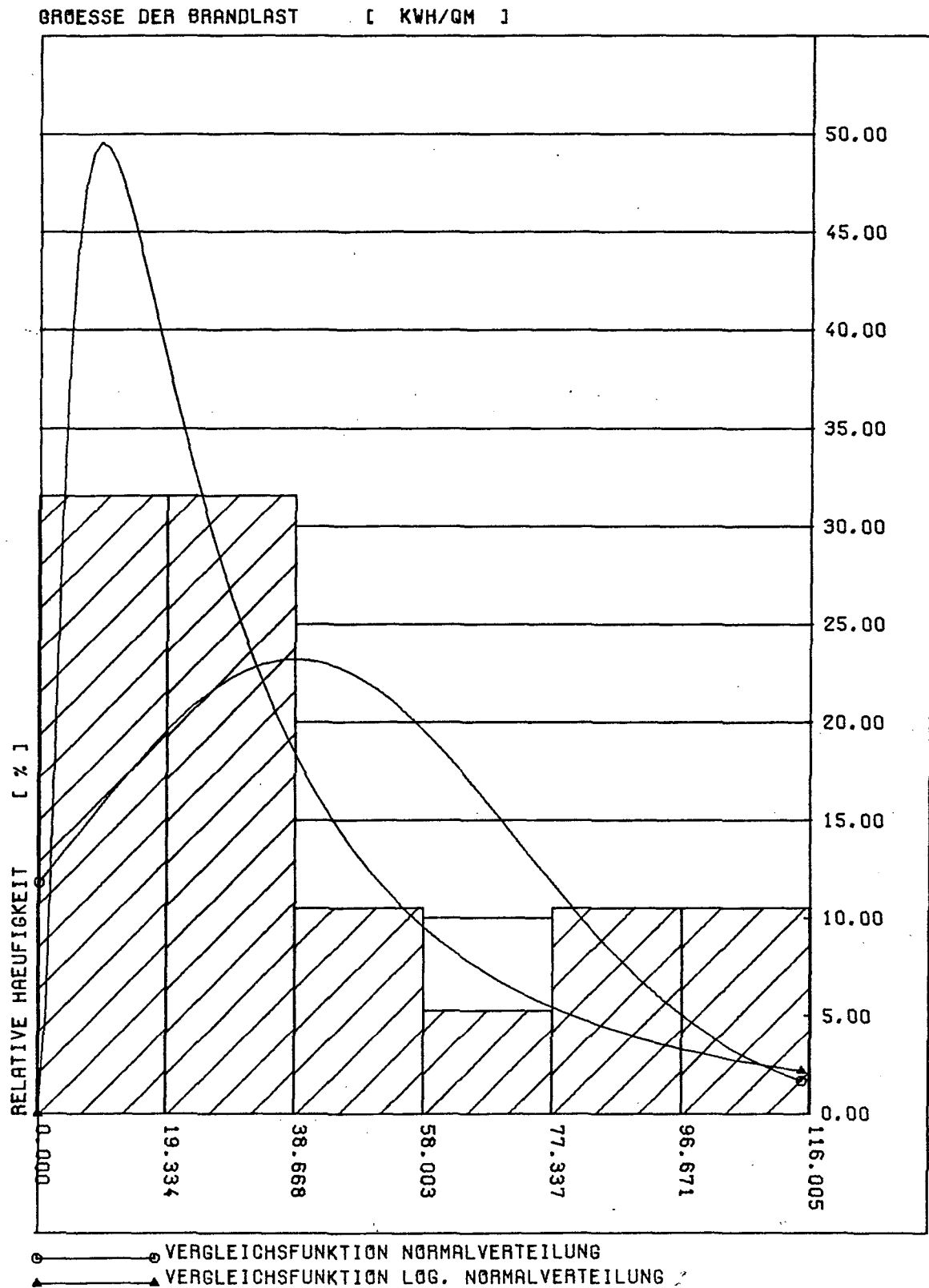
MONTAGE V. STRASSEN U. SCHIENENFAHRZEUGE 3

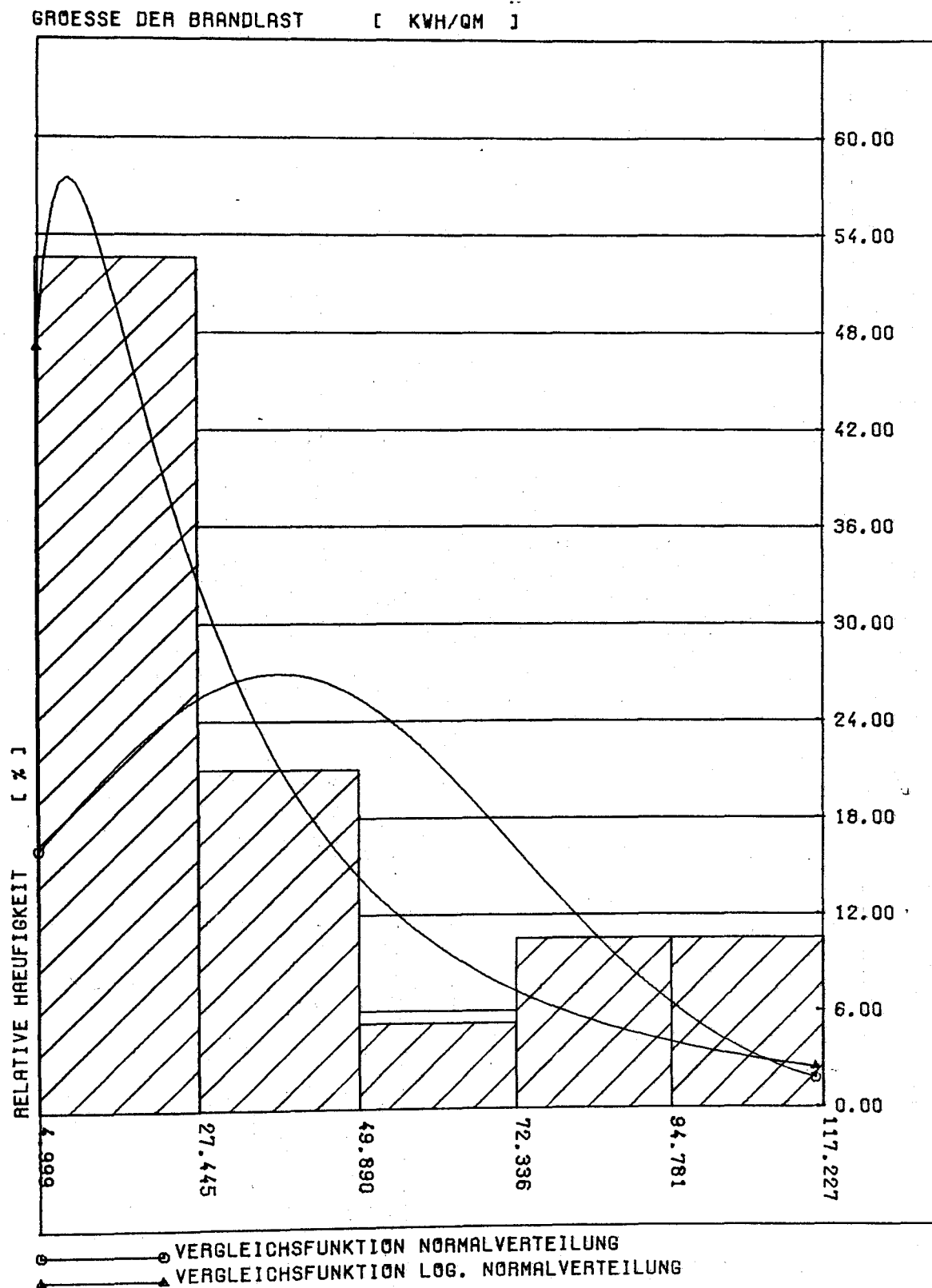


Anhang 3.6.3



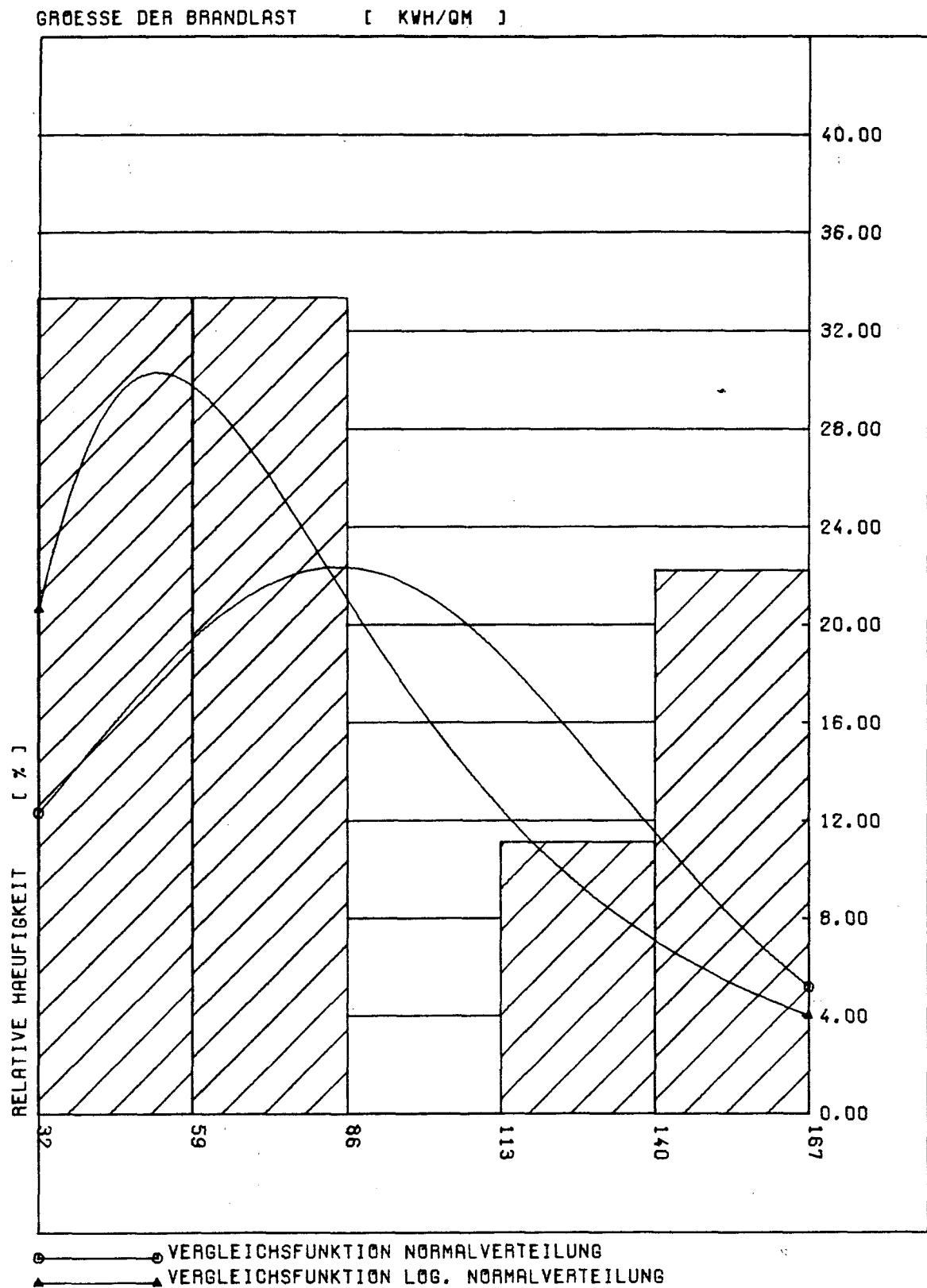
Anhang 3.7.1





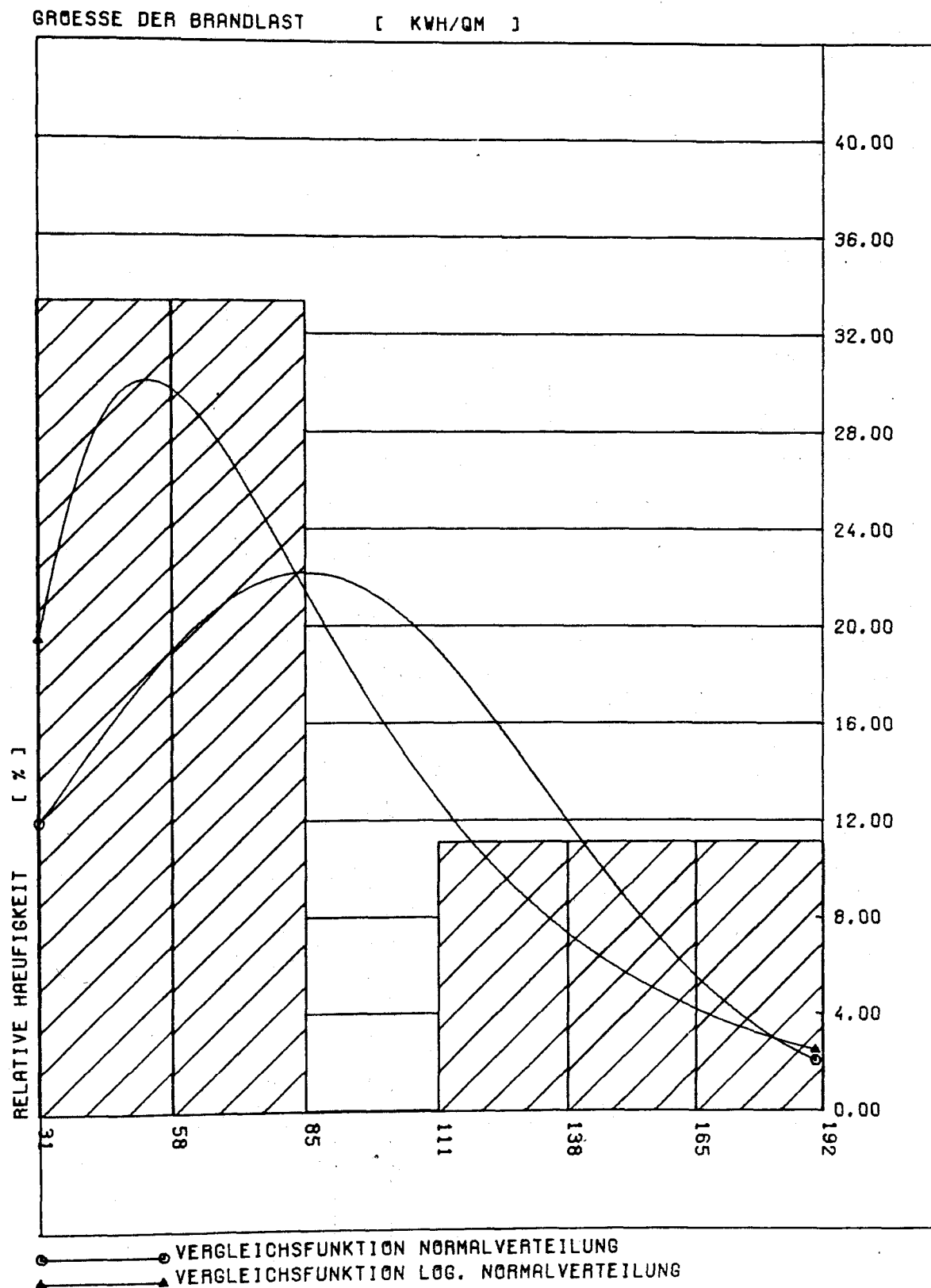
Anhang 3.7.3

VERARBEITUNG VON HOLZ UND KUNSTSTOFFEN 1



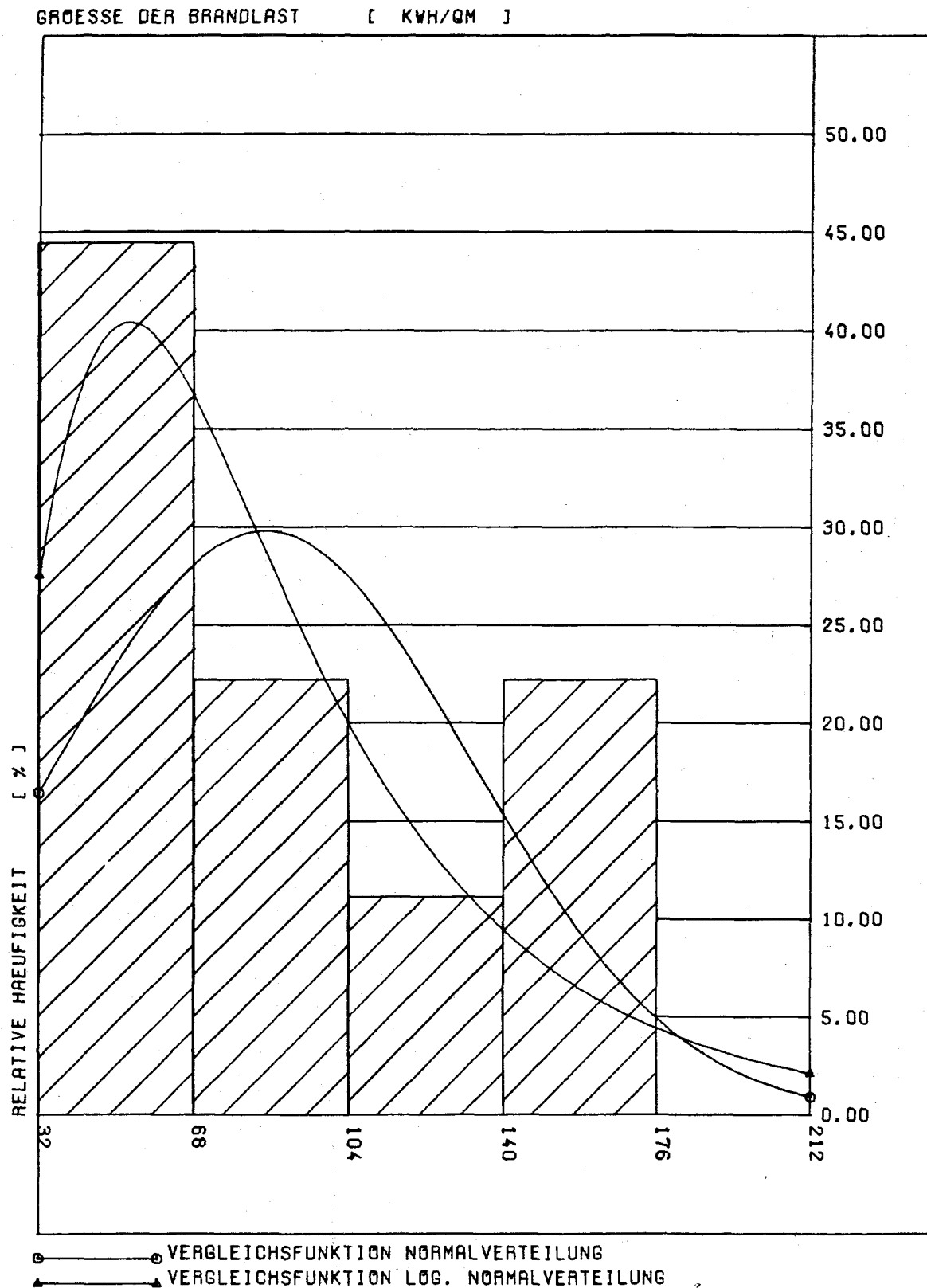
Anhang 3.8.1

VERARBEITUNG VON HÖLZ UND KUNSTSTOFFEN 2

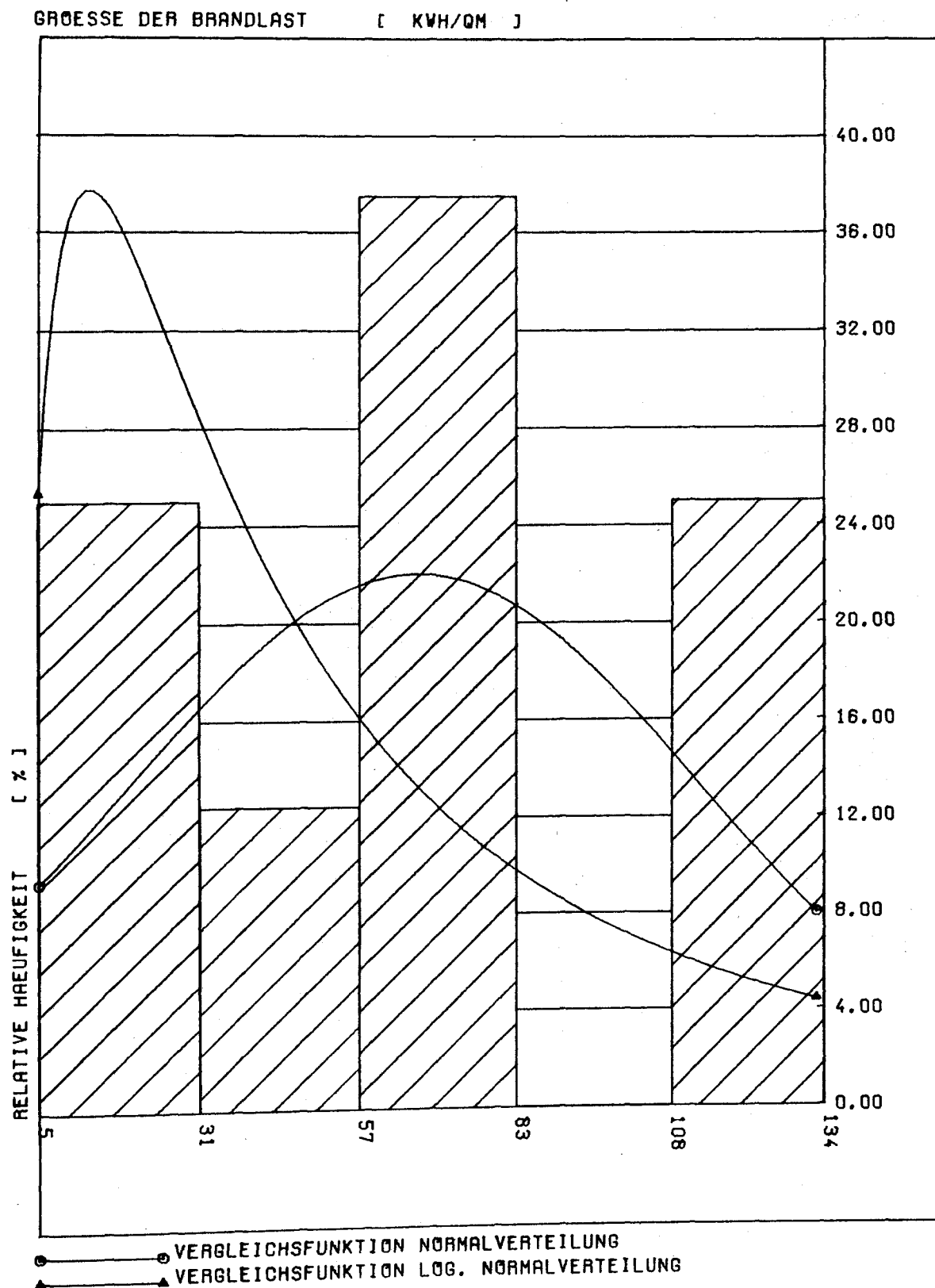


Anhang 3.8.2

VERARBEITUNG VON HOLZ UND KUNSTSTOFFEN 3

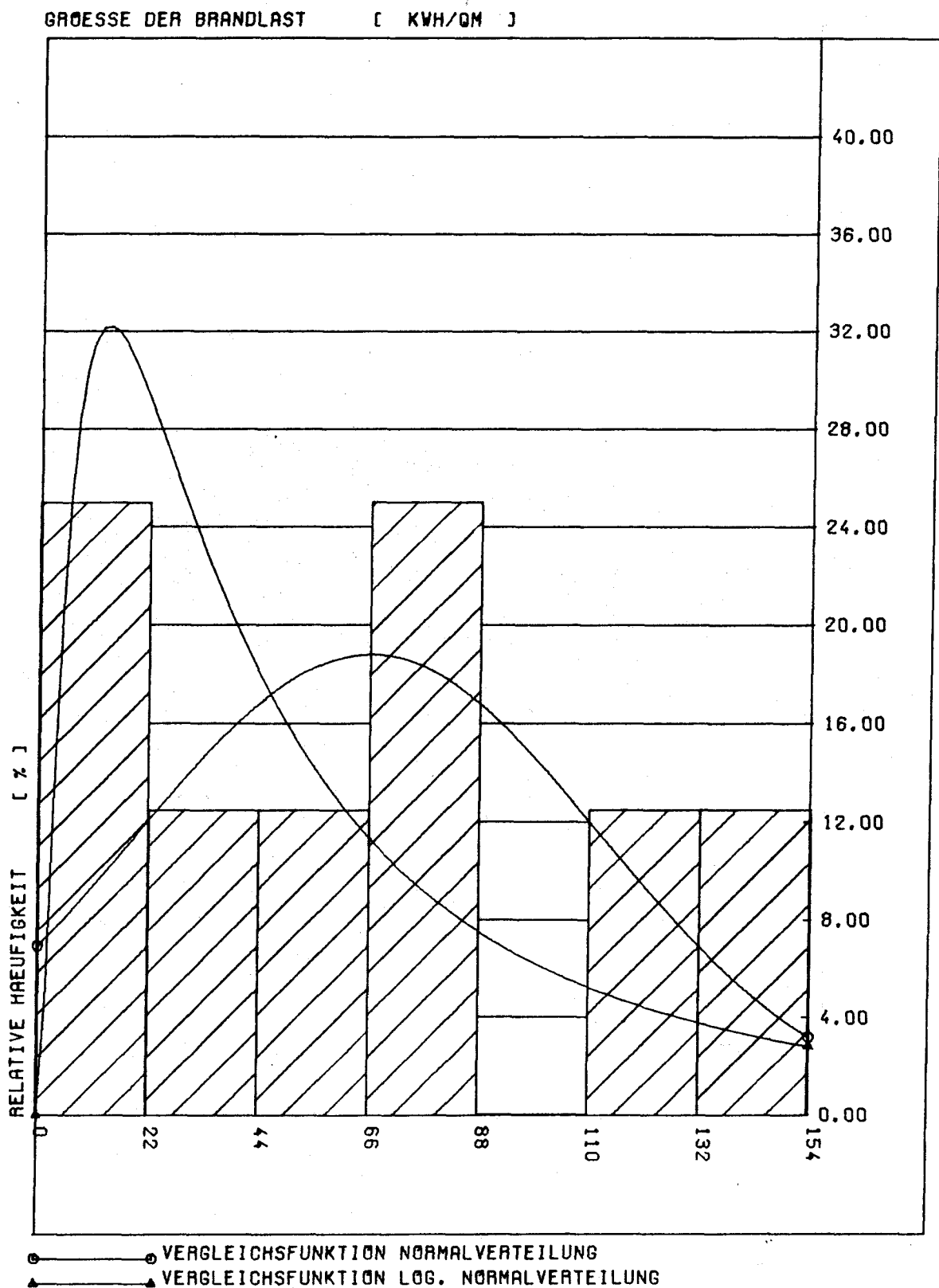


HERST. VON TEILEN AUS METALLWERKSTOFFEN 1



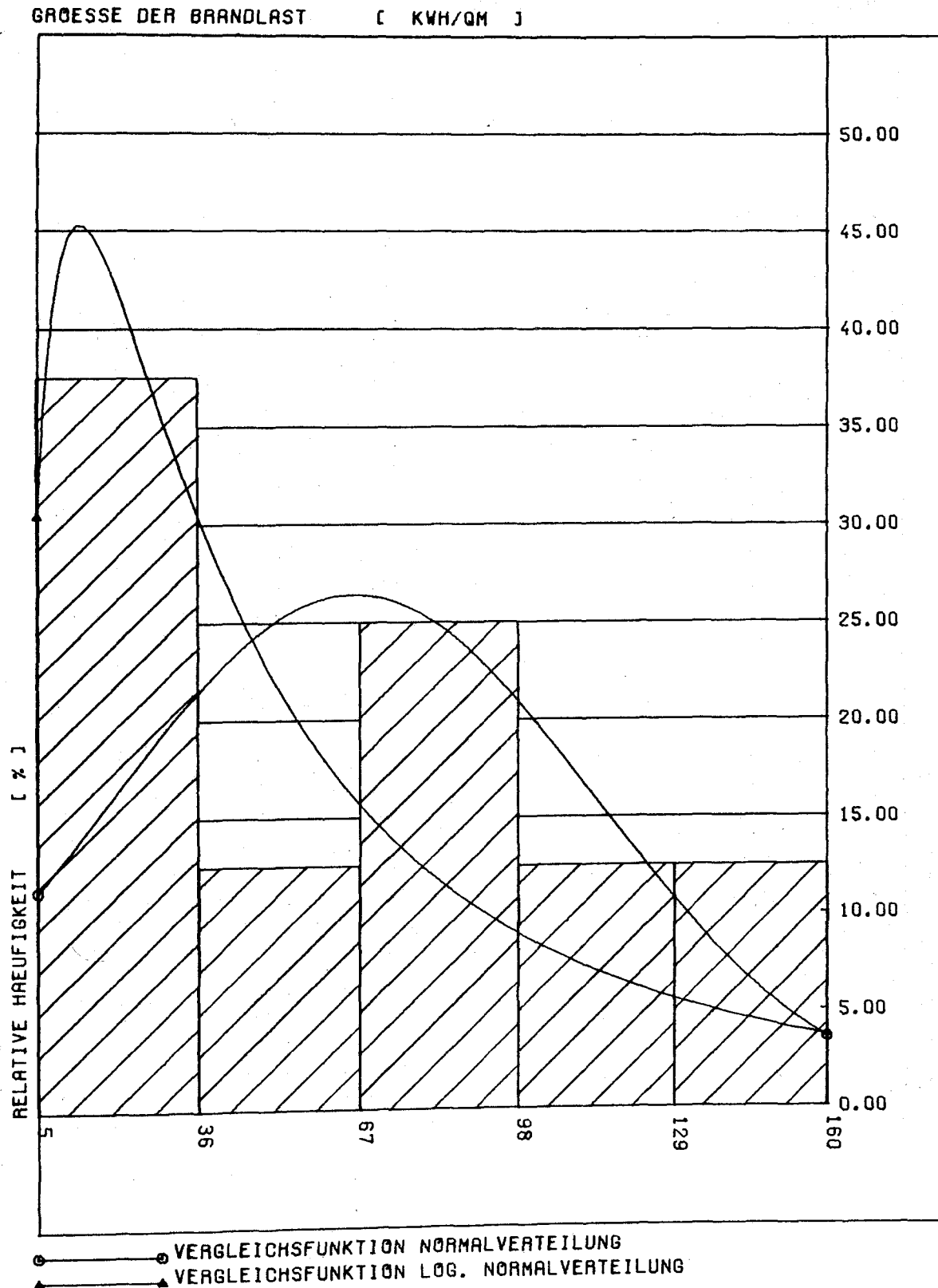
Anhang 3.9.1

HERST.VON TEILEN AUS METALLWERKSTOFFEN 2



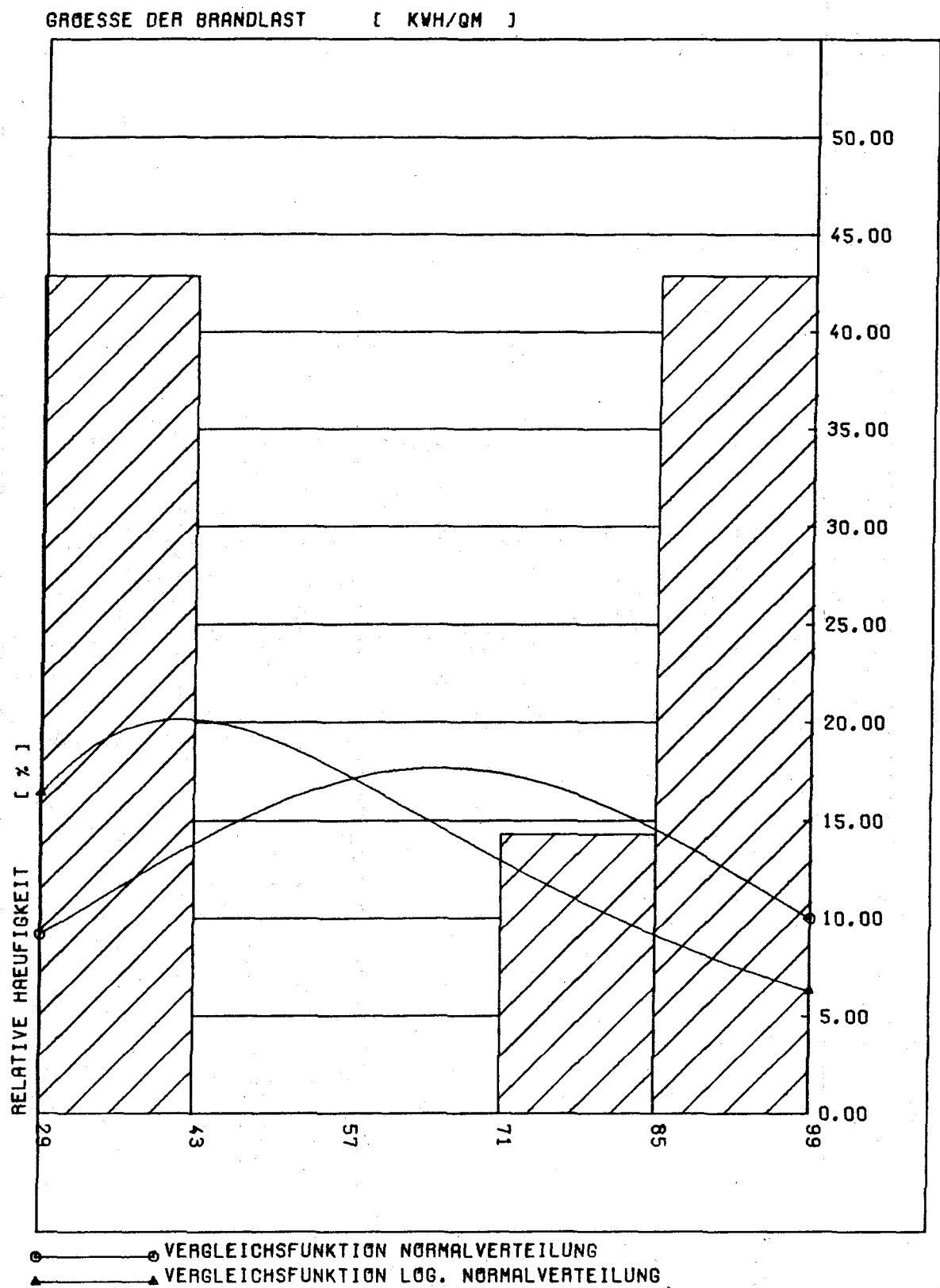
Anhang 3.9.2

HERST.VON TEILEN AUS METALLWERKSTOFFEN 3

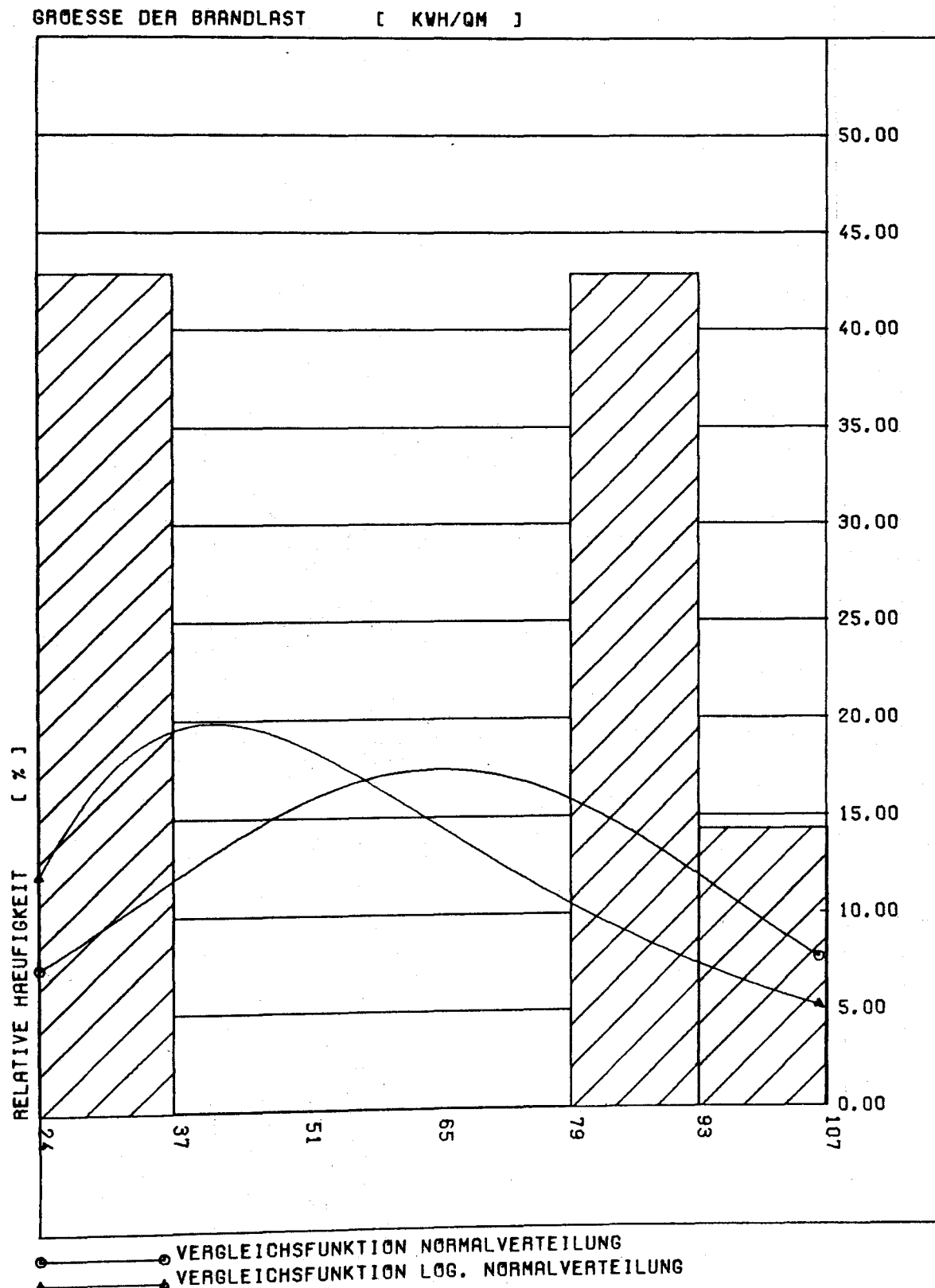


Anhang 3.9.3

1 NUTZUNGSART • 10

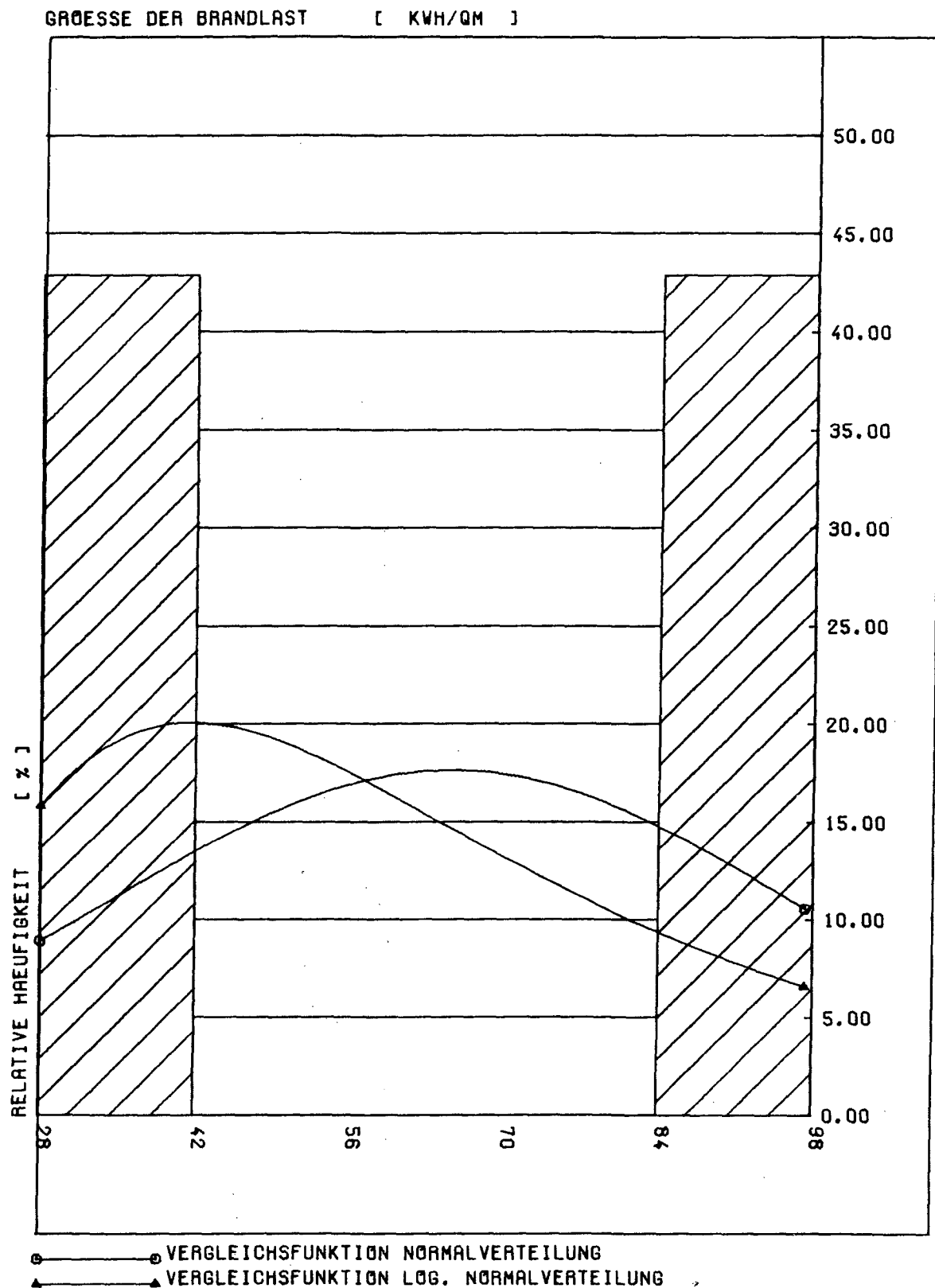


2 NUTZUNGSART • 10

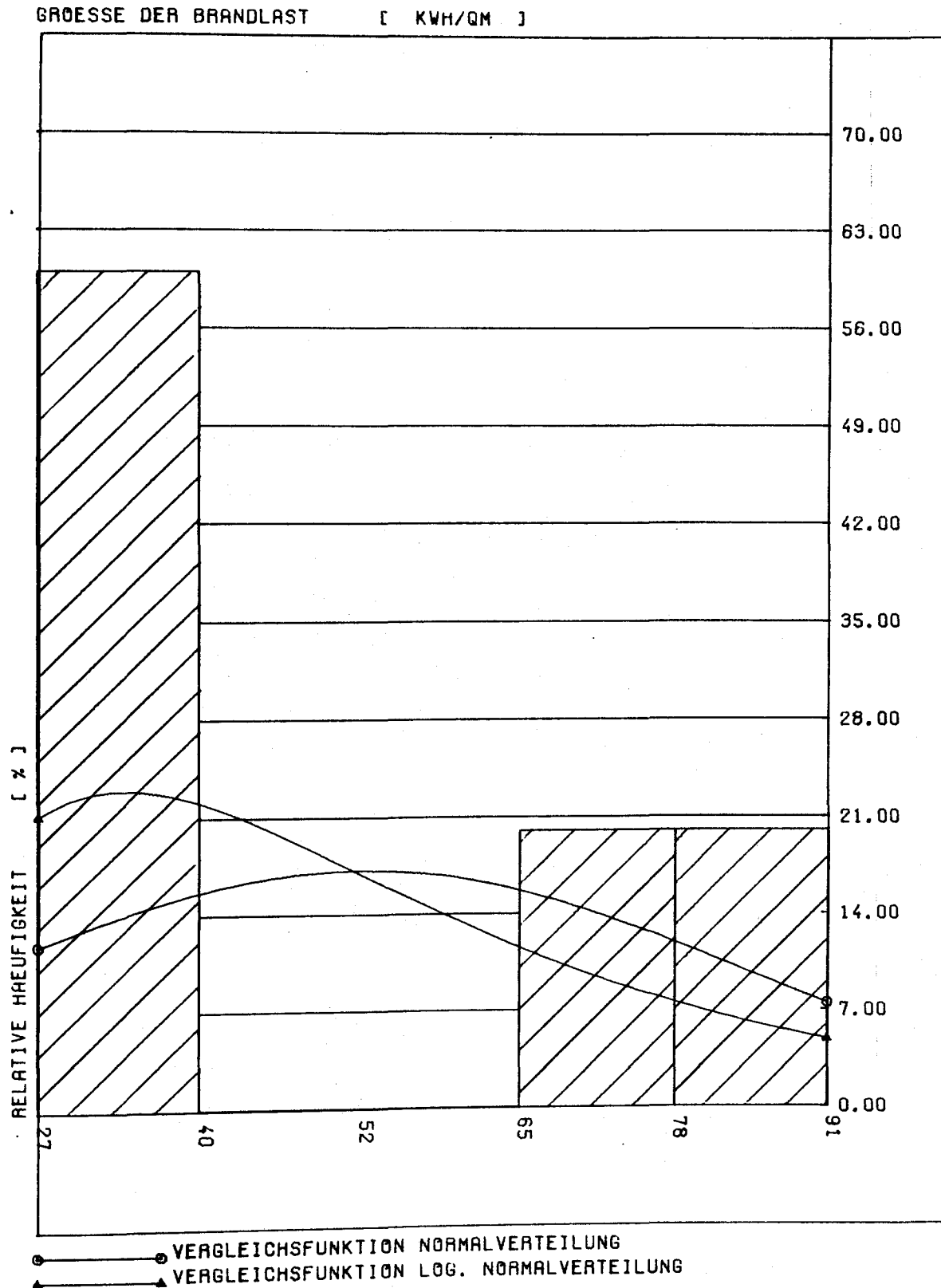


Anhang 3.10.2

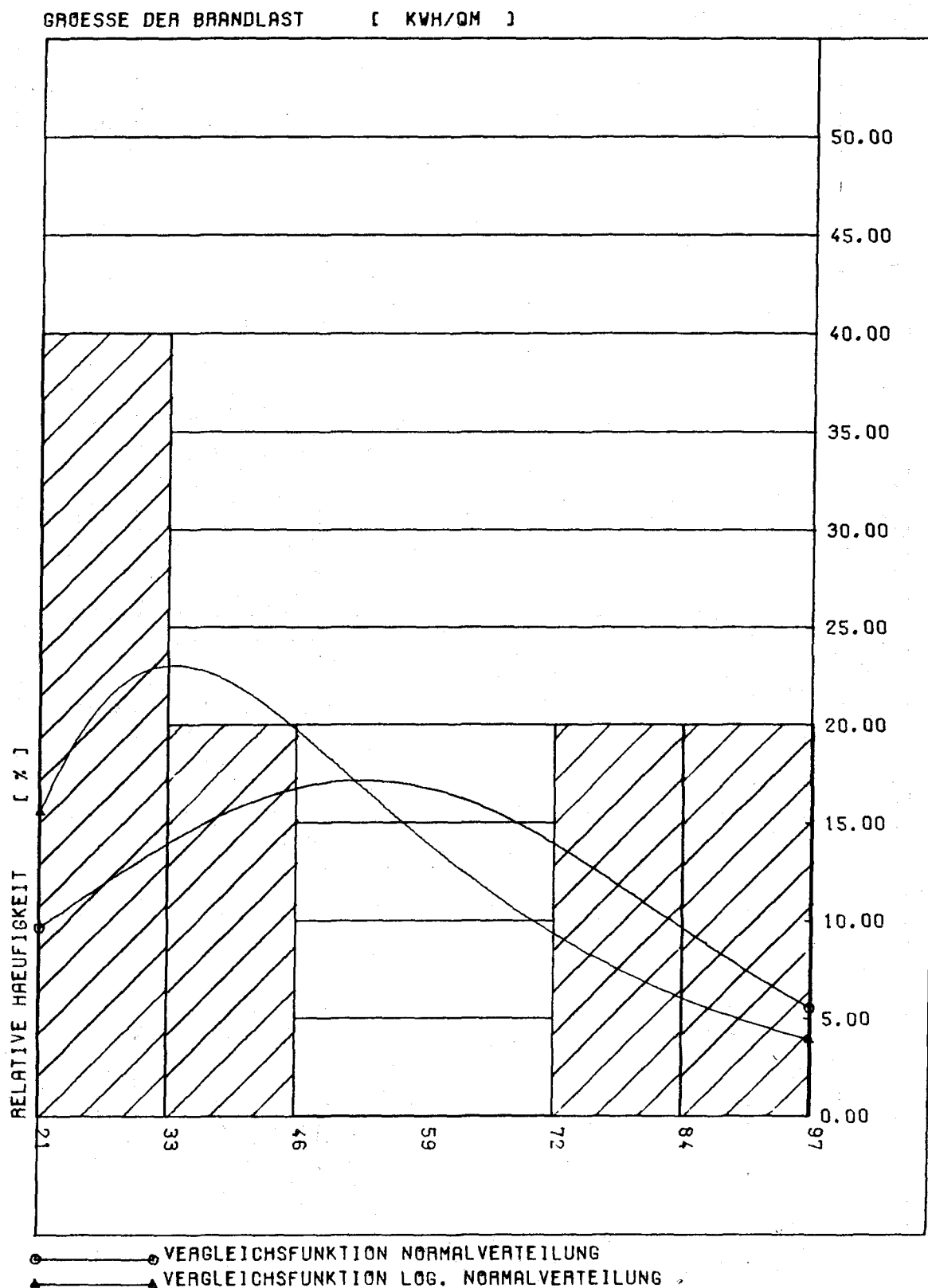
3 NUTZUNGSART : 10

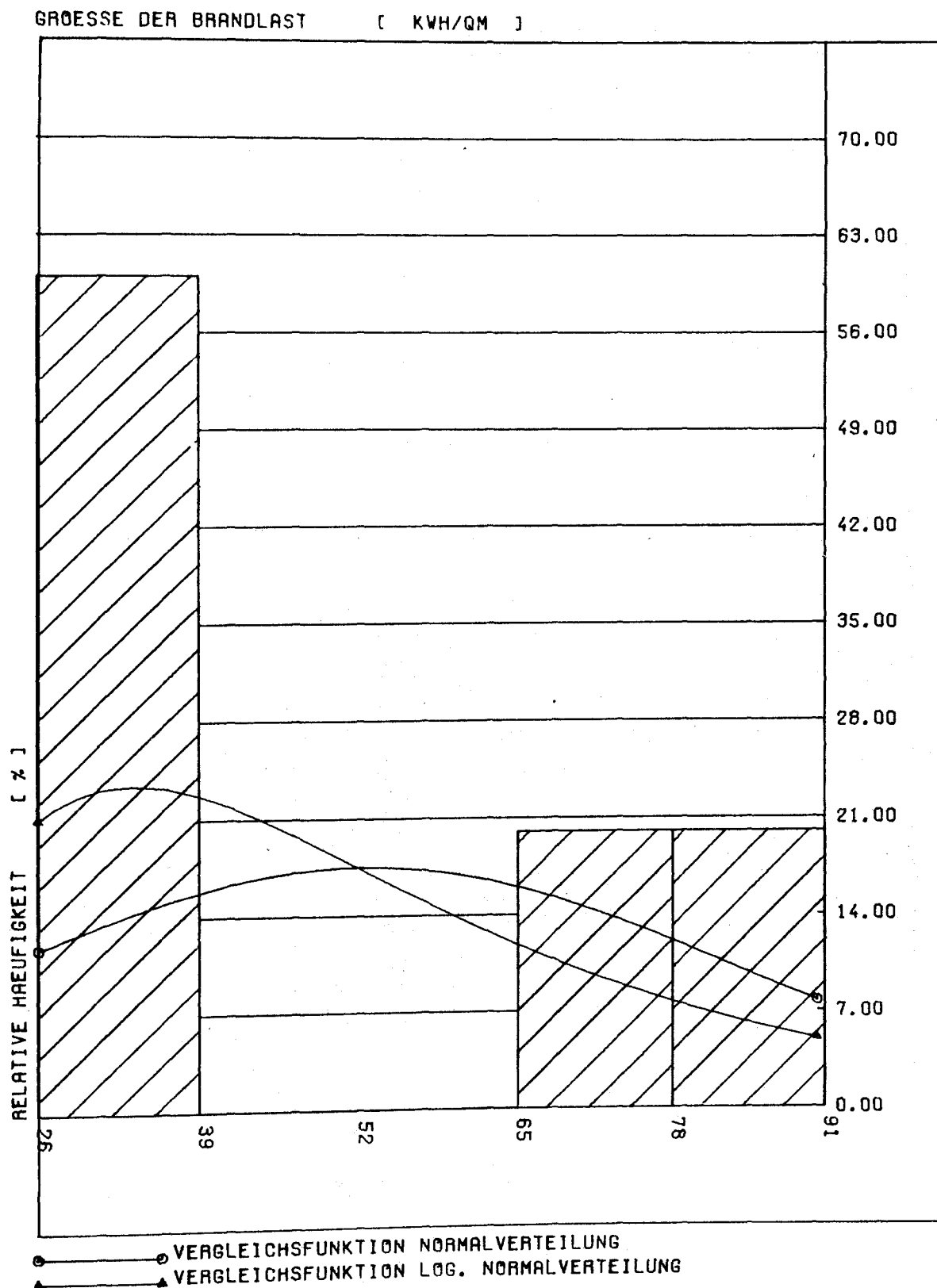


UNTERSTEL., WARTUNG U. VERWERTUNG V. KFZ 1

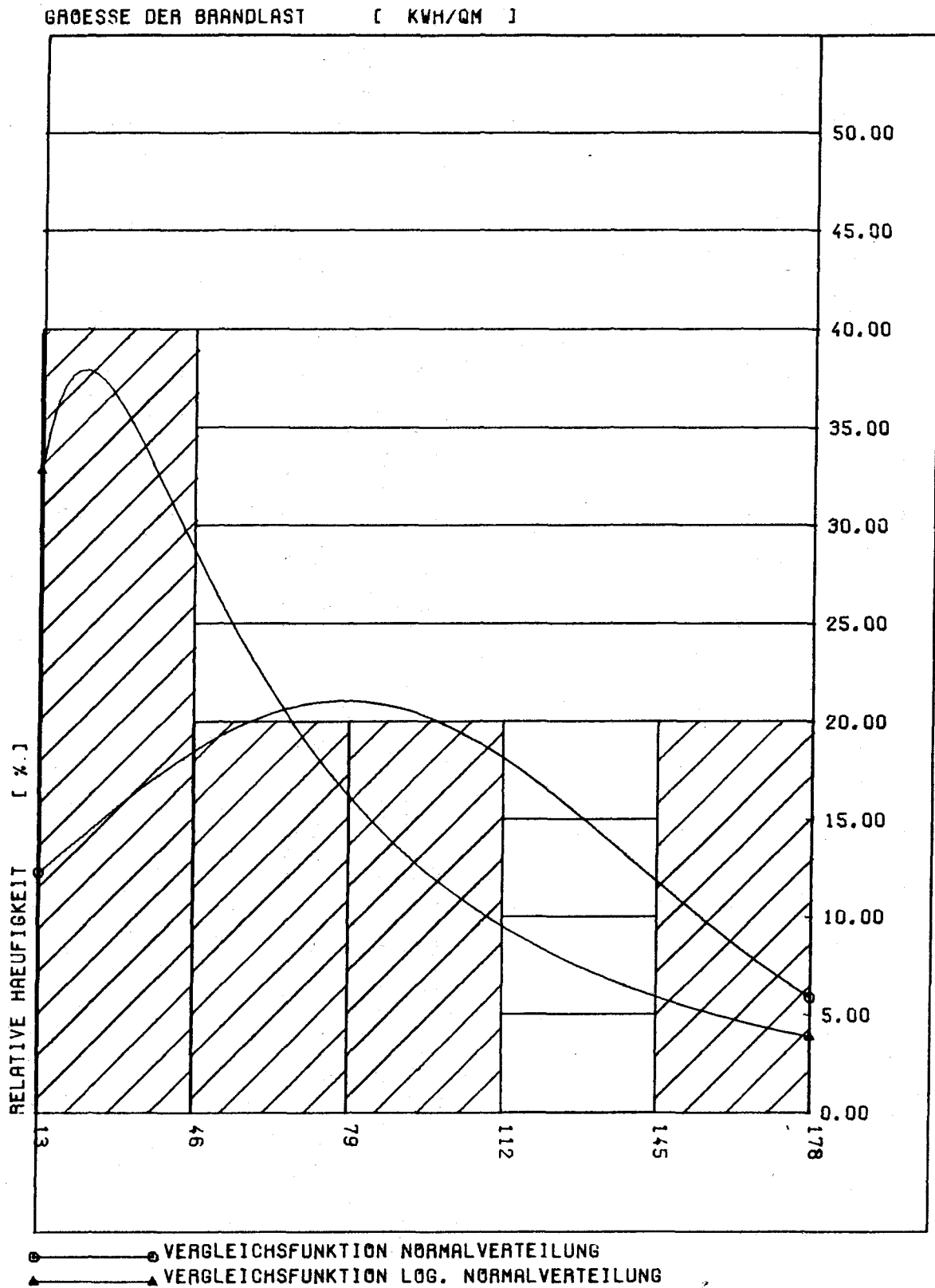


Anhang 3.11.1

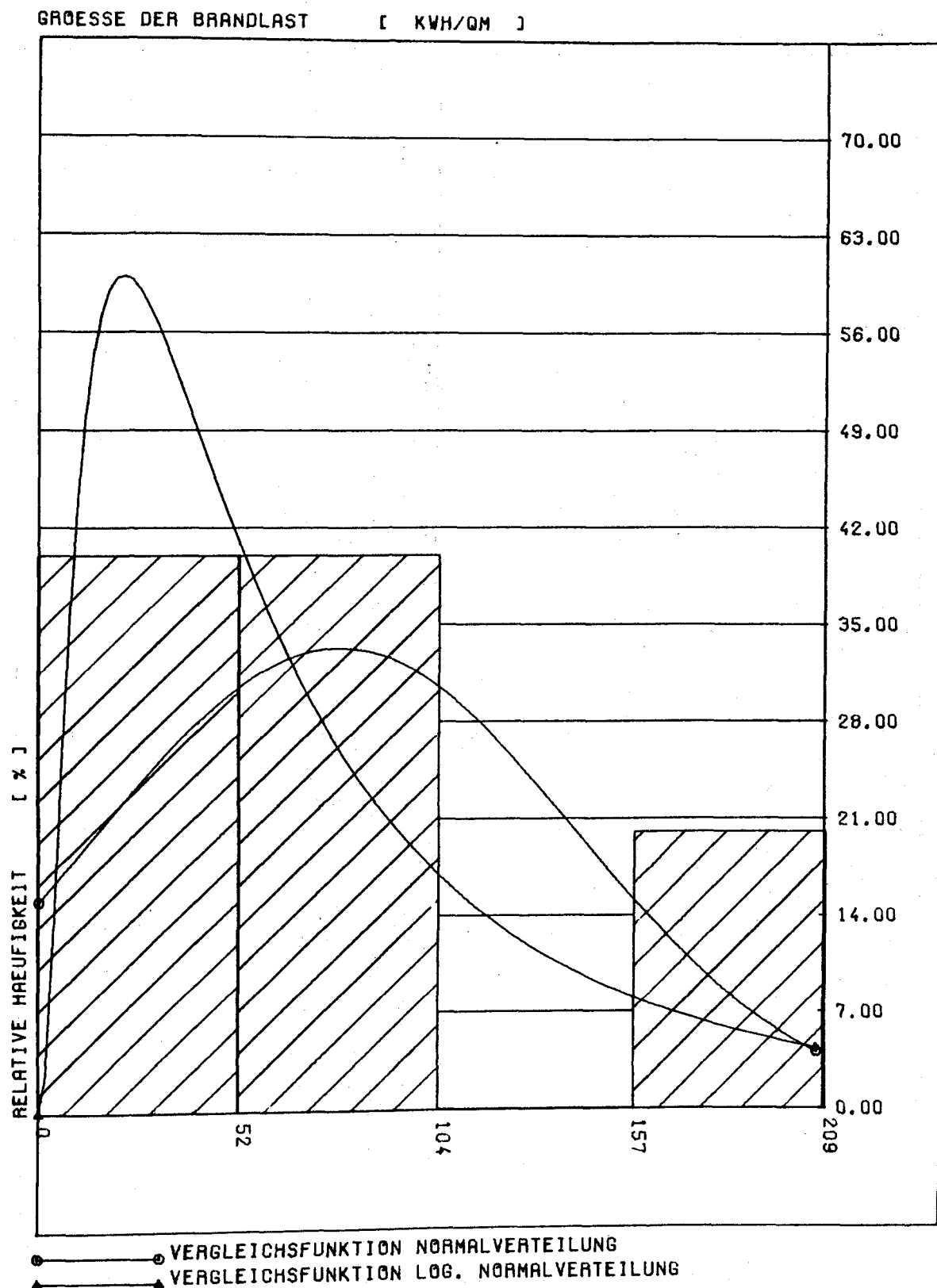




1 NUTZUNGSART : 12

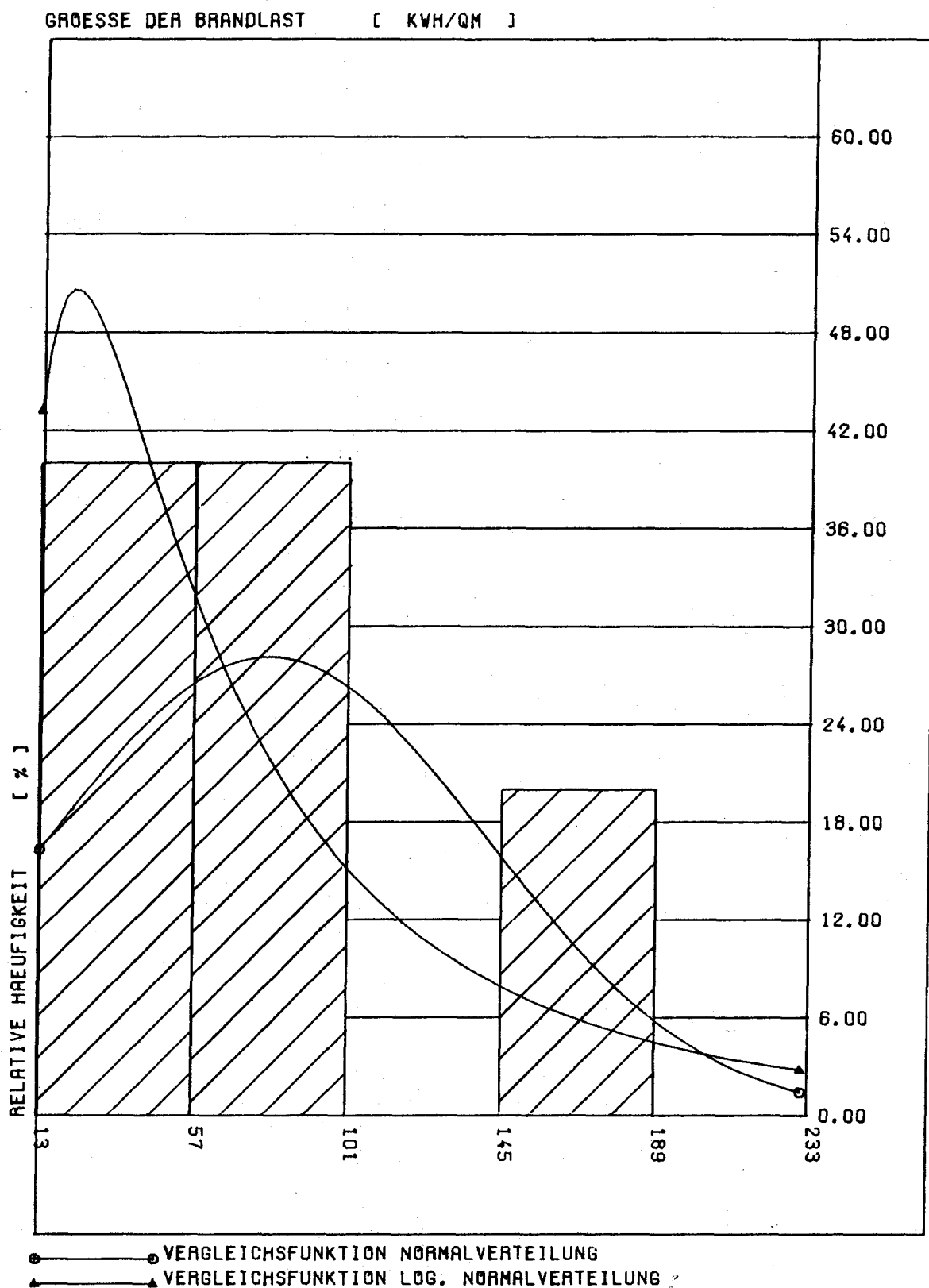


2 NUTZUNGSART : 12



Anhang 3.12.2

3 NUTZUNGSART : 12



Anhang 3.12.3

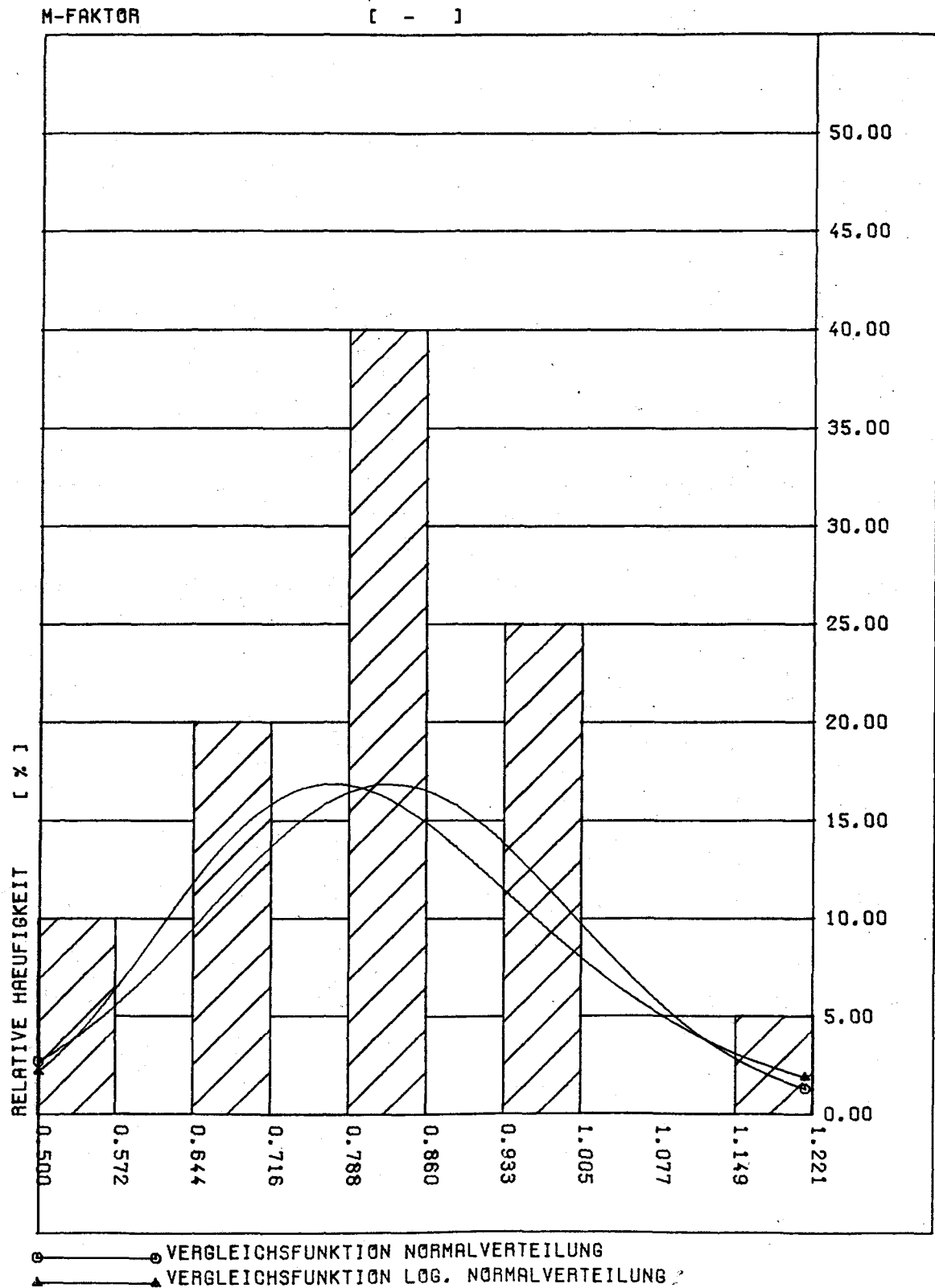
Anhang 4

Häufigkeitsverteilungen für den mittleren m-Faktor der einzelnen Nutzungsarten

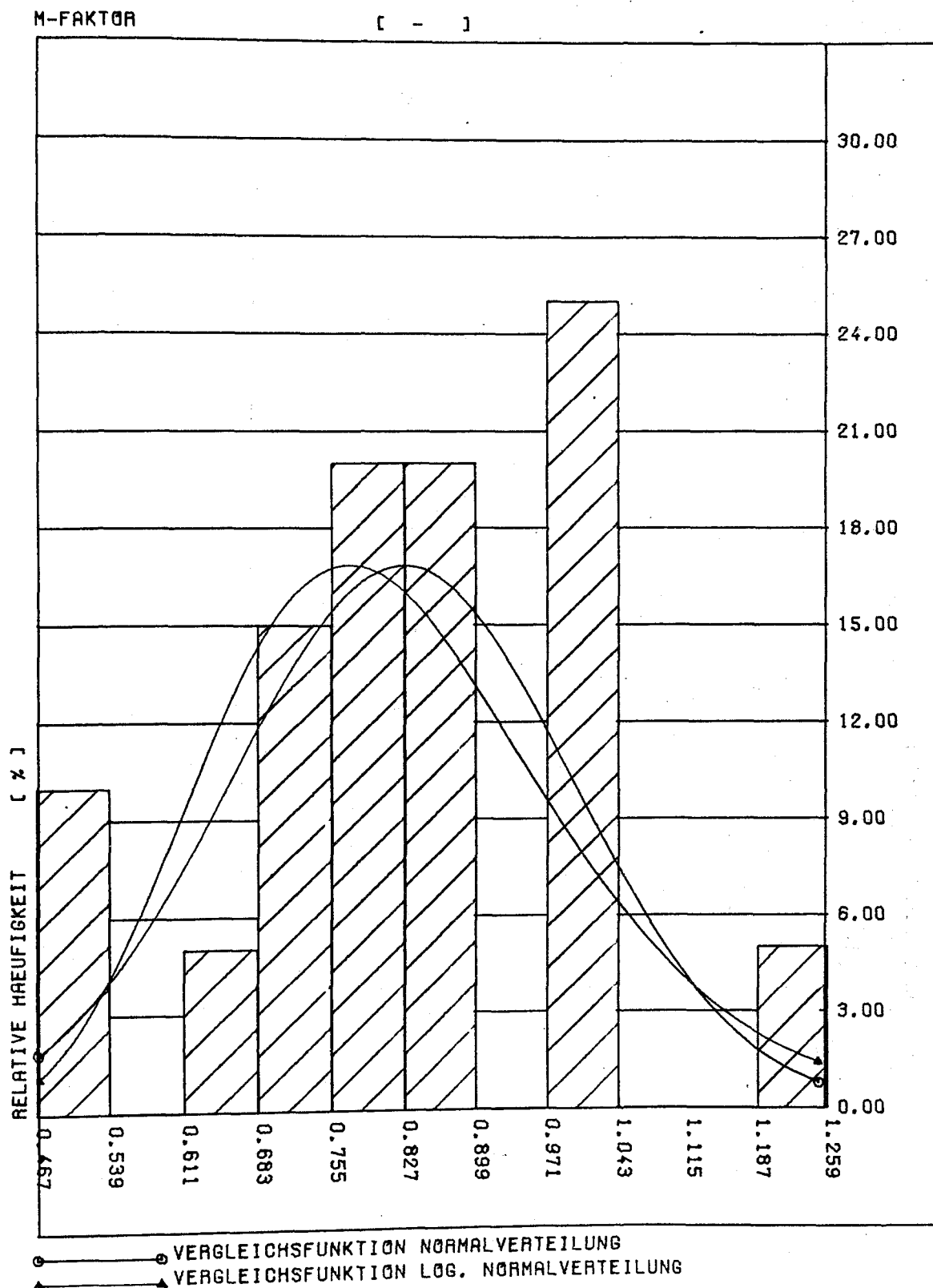
- 4.1 Lagerung brennbarer Stoffe in Mengen kleiner
150 kg/m²
- 4.2 Lagerung brennbarer Stoffe in Mengen größer
150 kg/m²
- 4.3 Herstellung und Lagerung brennbarer Stoffe in Mengen
kleiner 150 kg/m²
- 4.4 Herstellung und Lagerung brennbarer Stoffe in Mengen
größer 150 kg/m²
- 4.5 Lagerung von im wesentlichen nicht brennbaren Stoffen
- 4.6 Montage von Straßen- und Schienenfahrzeugen
- 4.7 Verarbeitung von Metallteilen
- 4.8 Verarbeitung von Holz und Kunststoffen
- 4.9 Herstellung von Teilen aus Metallwerkstoffen
- 4.10 Montage, sowie Produktion mit Lagerung von Elektroteilen
- 4.11 Unterstellung, Wartung und Verwertung von Kraftfahrzeugen
- 4.12 Herstellung, Verarbeitung und Versand von mineralischen-
und Glaswerkstoffen

Die dritte Ziffer gibt an mit welcher Form der Klassenein-
teilung die Histogramme ermittelt wurden (vgl. Abschnitt 3.3.1).

LAGERUNG BRENNB.STOFFE < 150 KG/QM 1.V

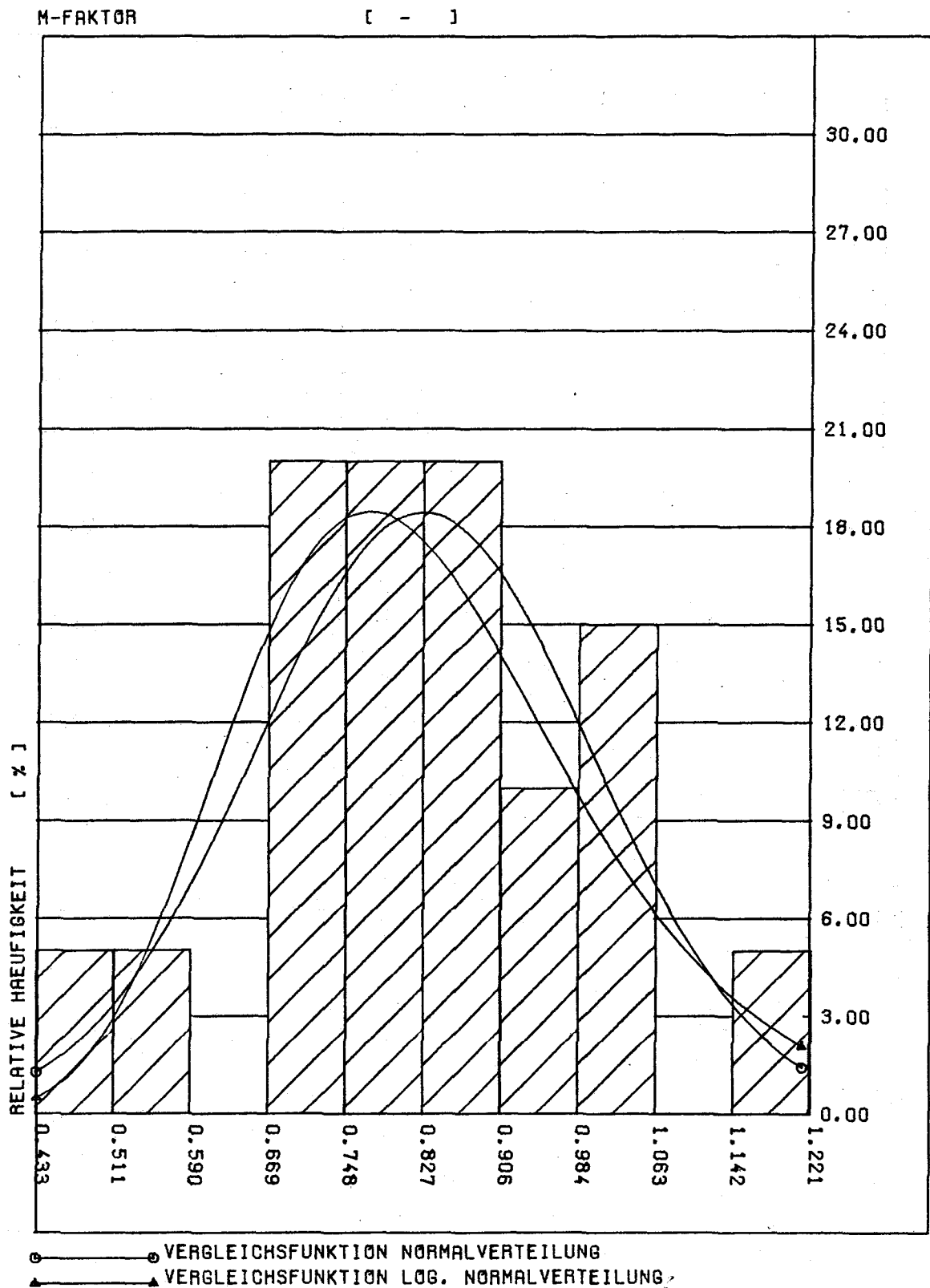


LAGERUNG BRENNB. STÖFFE < 150 KG/QM 2.V

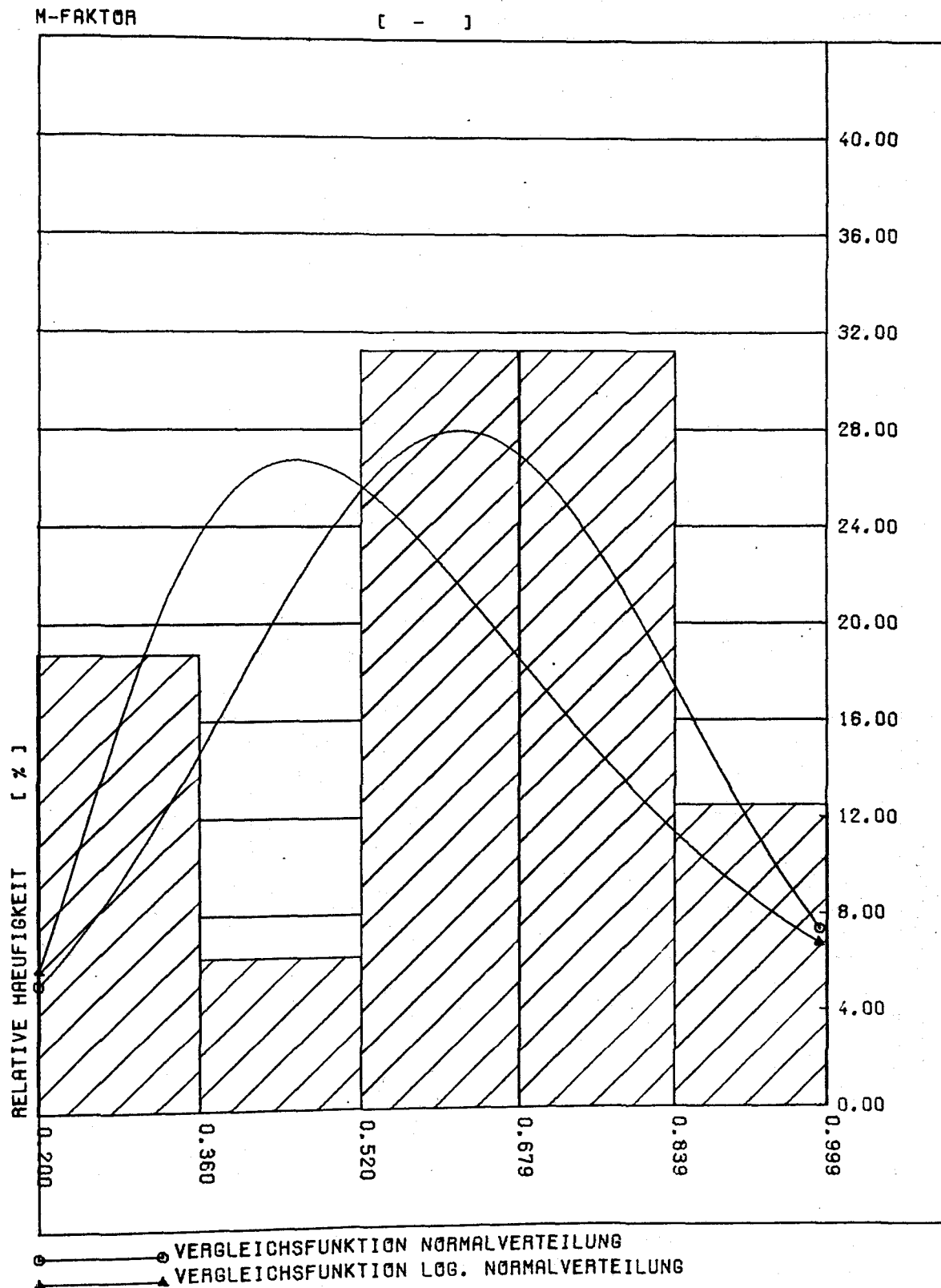


Anhang 4.1.2

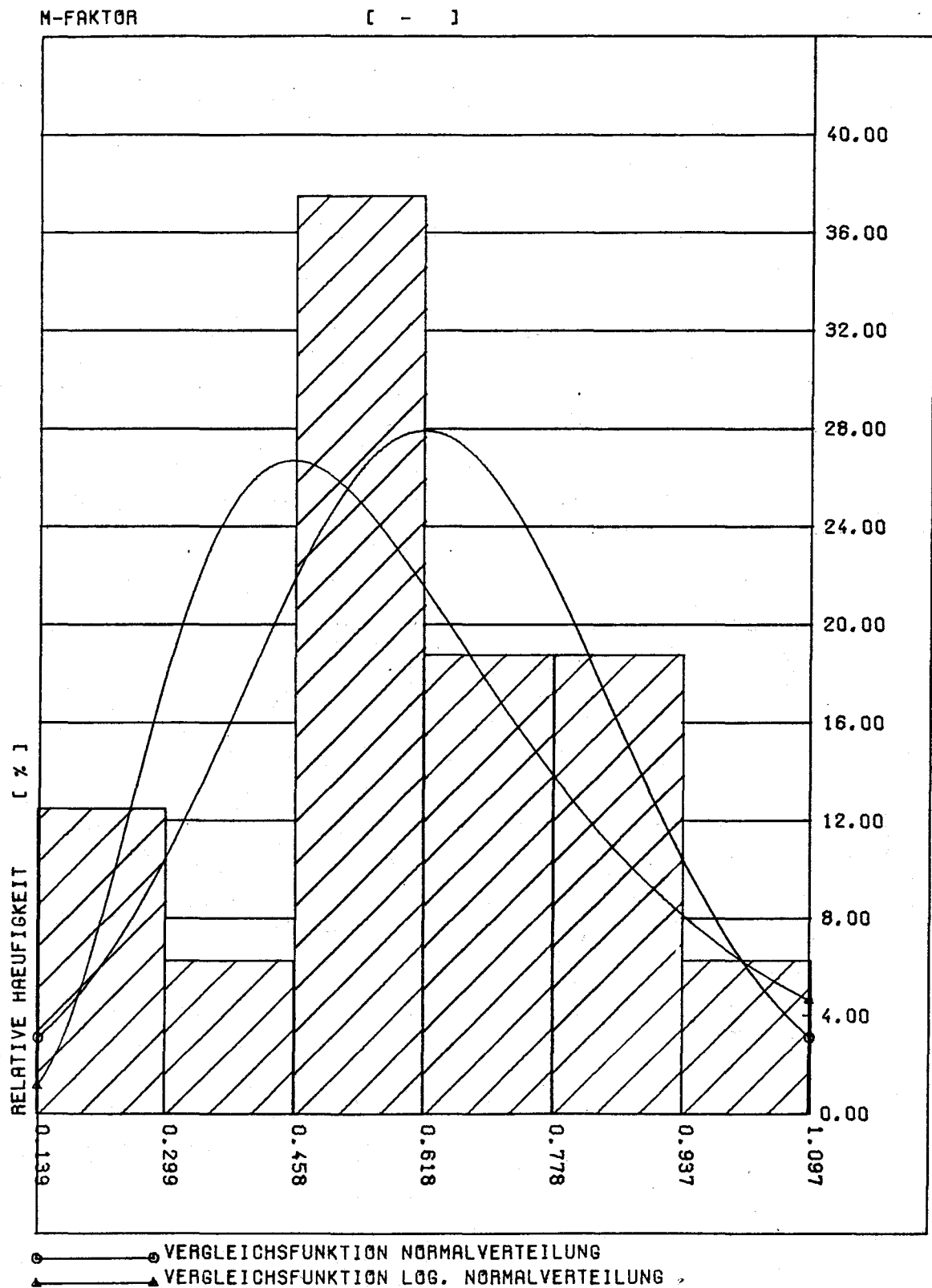
LAGERUNG BRENNB.STOFFE < 150 KG/QM 3.V



LAGERUNG BRENNB. STOFFE > 150 KG/QM 1.V

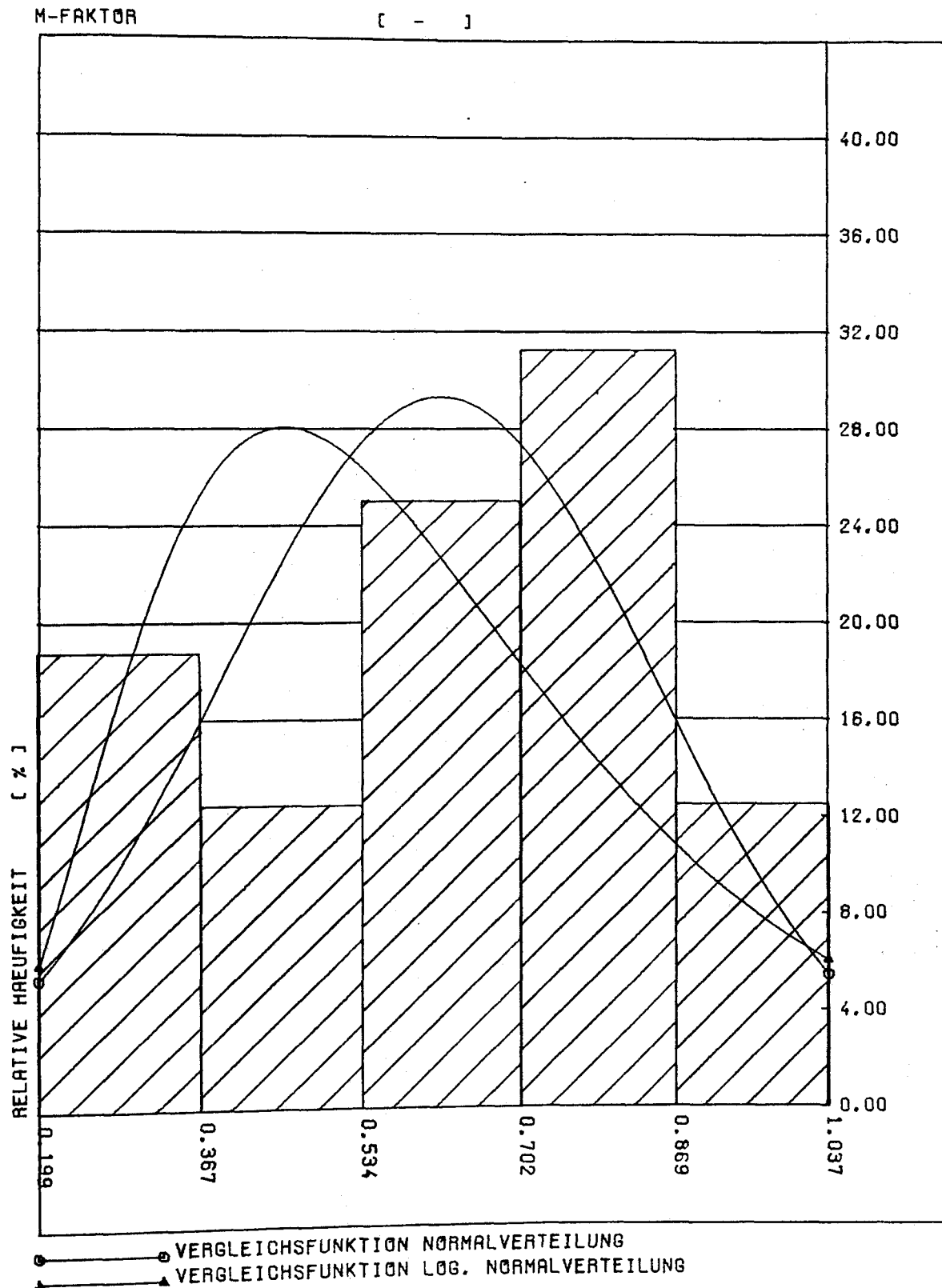


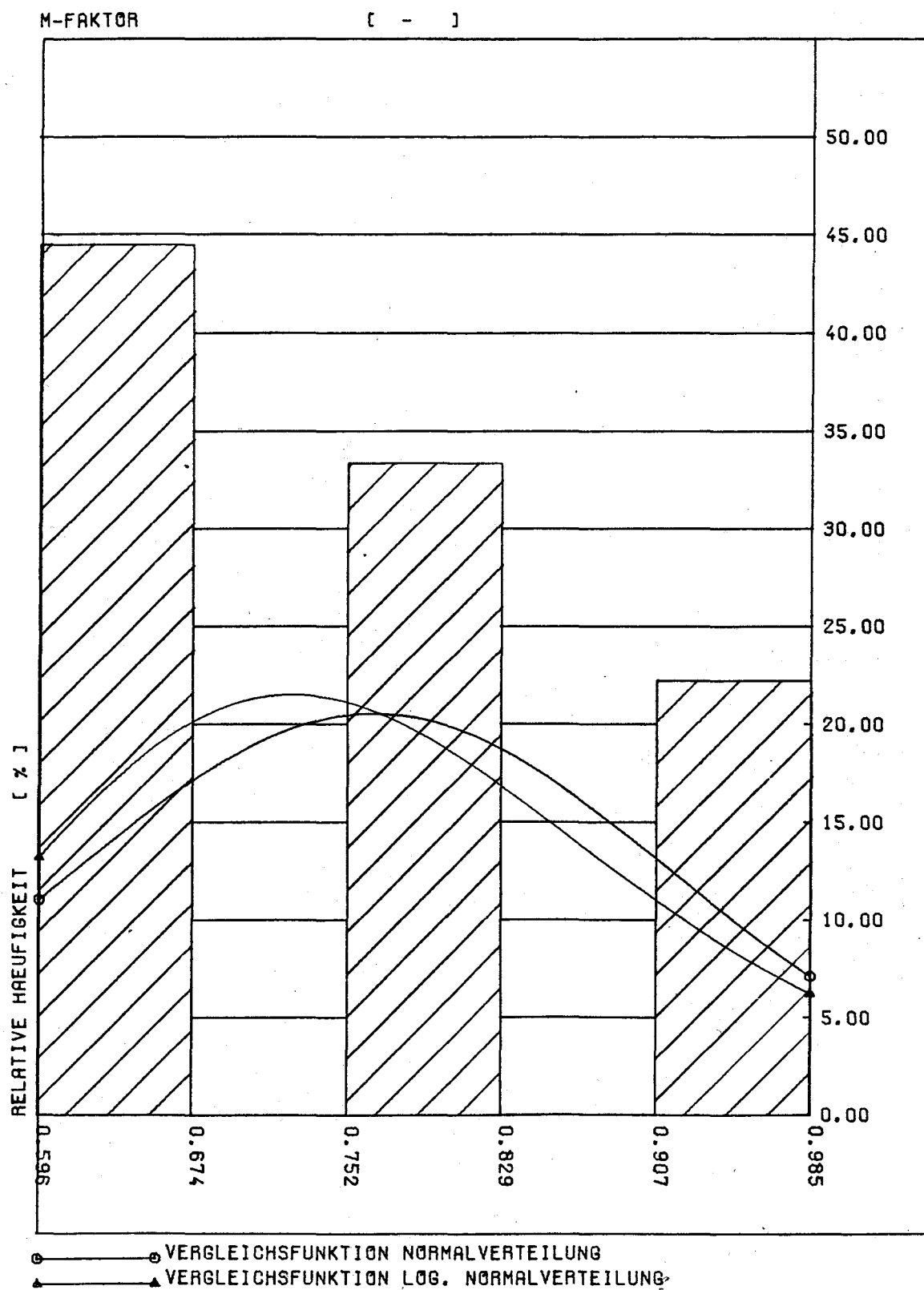
LAGERUNG BRENNB.STOFFE > 150 KG/QM 2.V

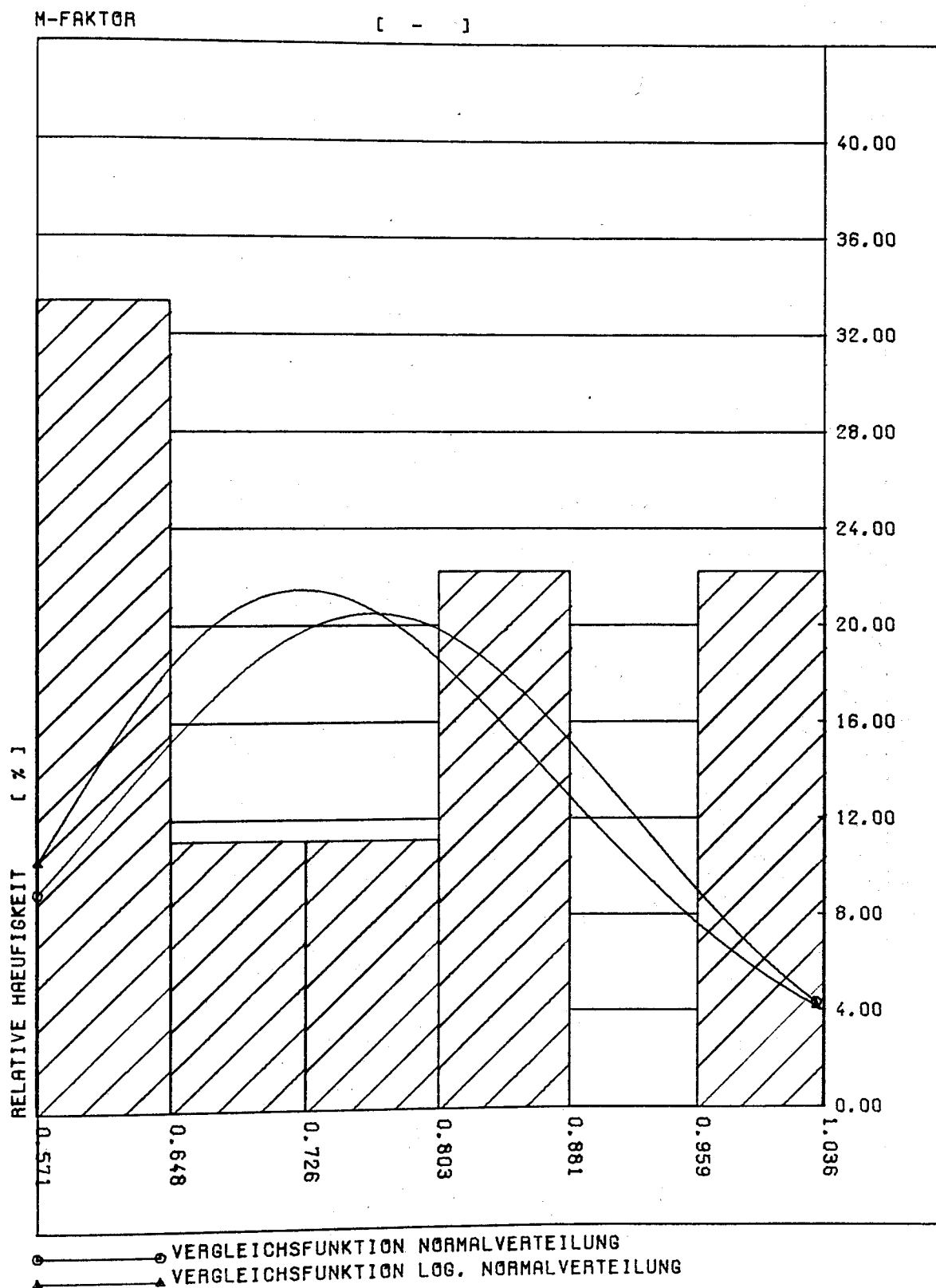


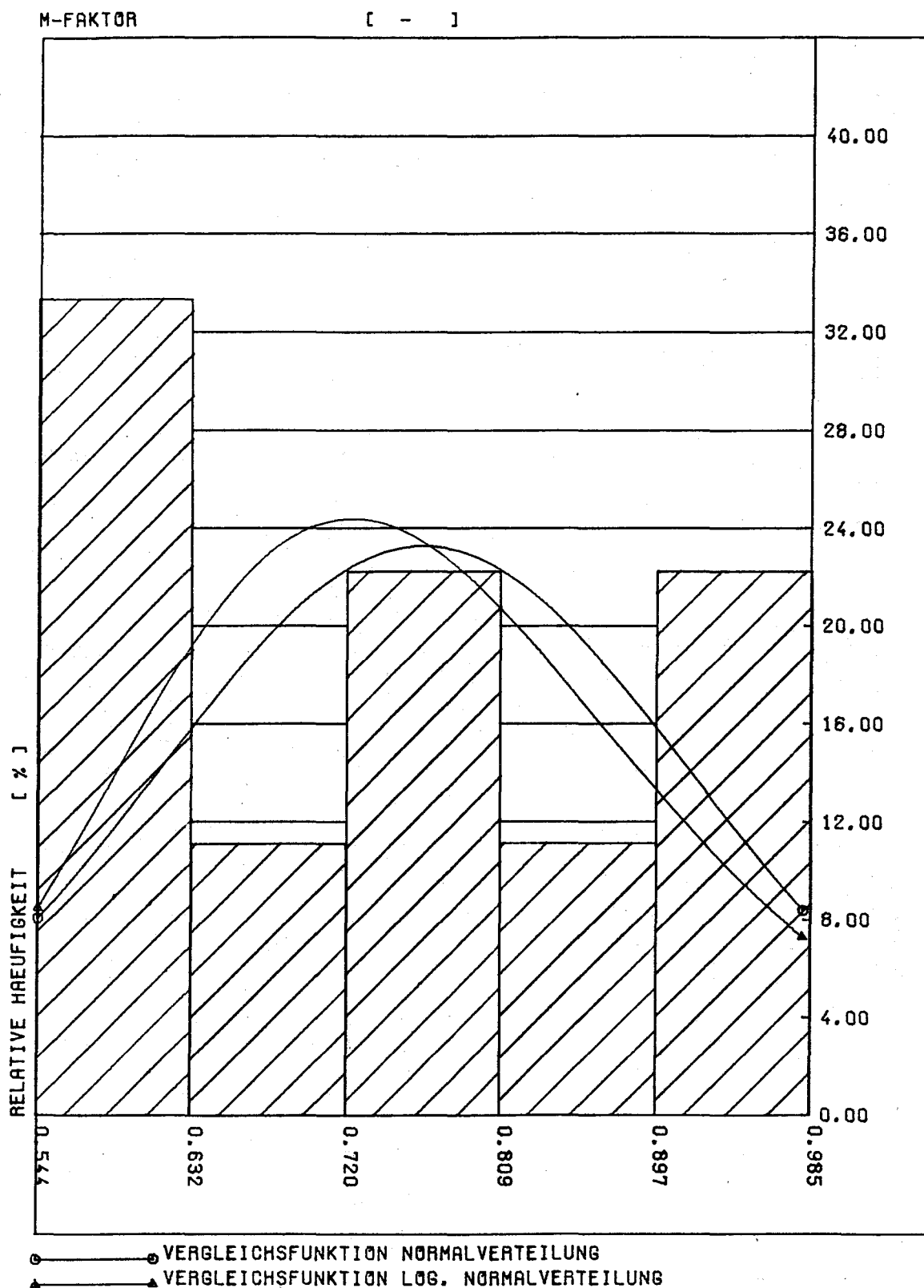
Anhang 4.2.2

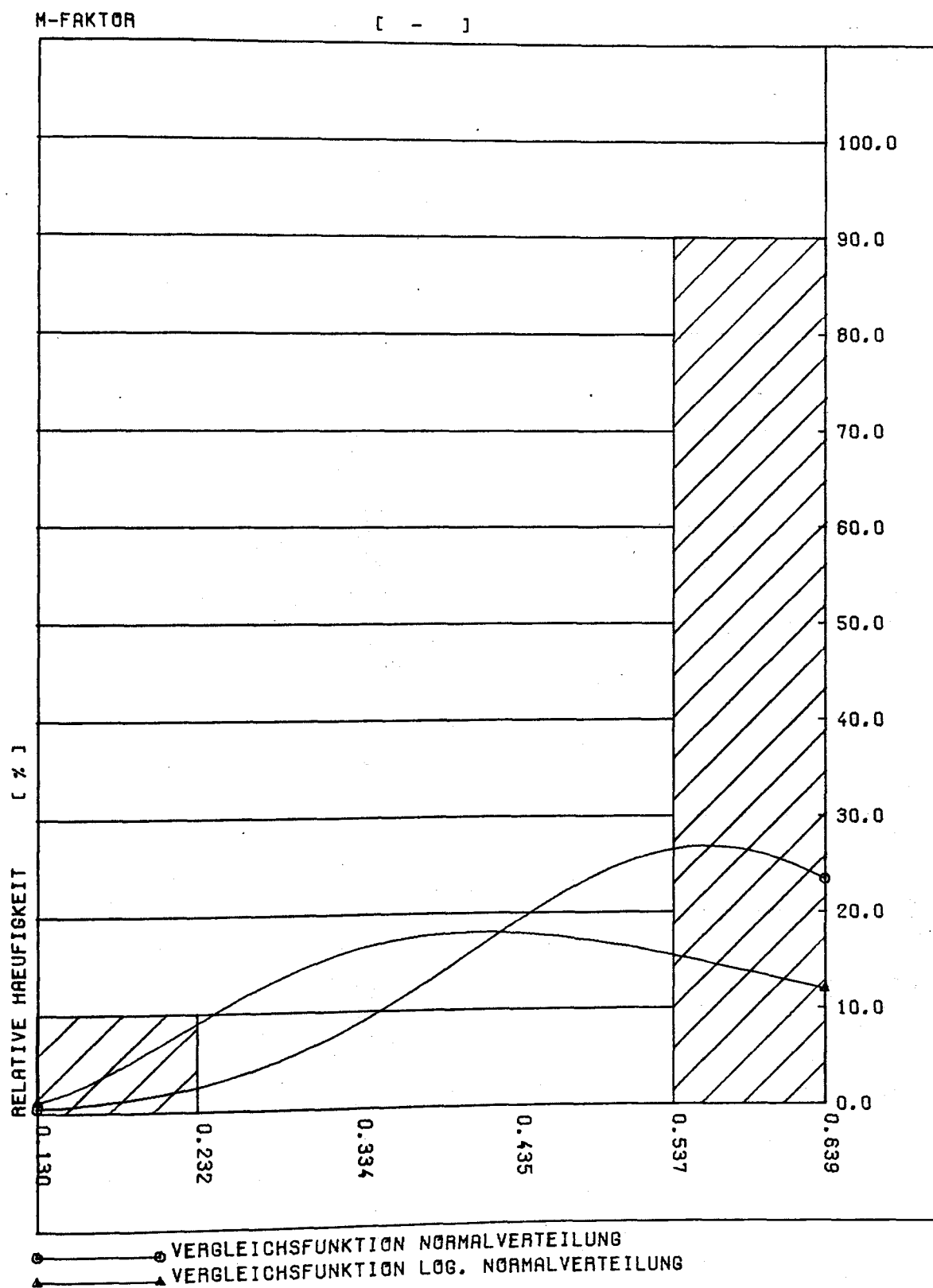
LAGERUNG BRENNB. STOFFE > 150 KG/QM 3.V

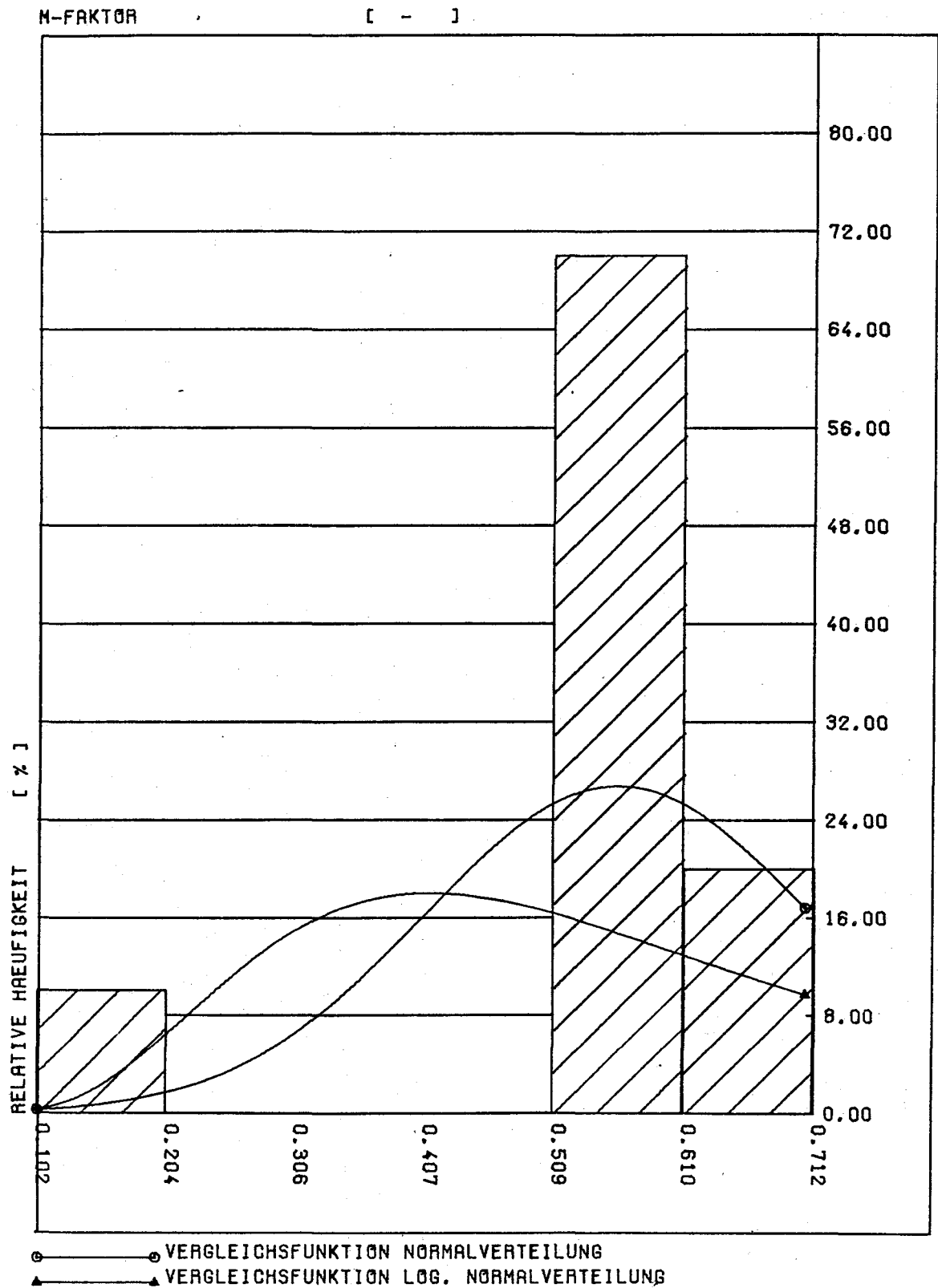




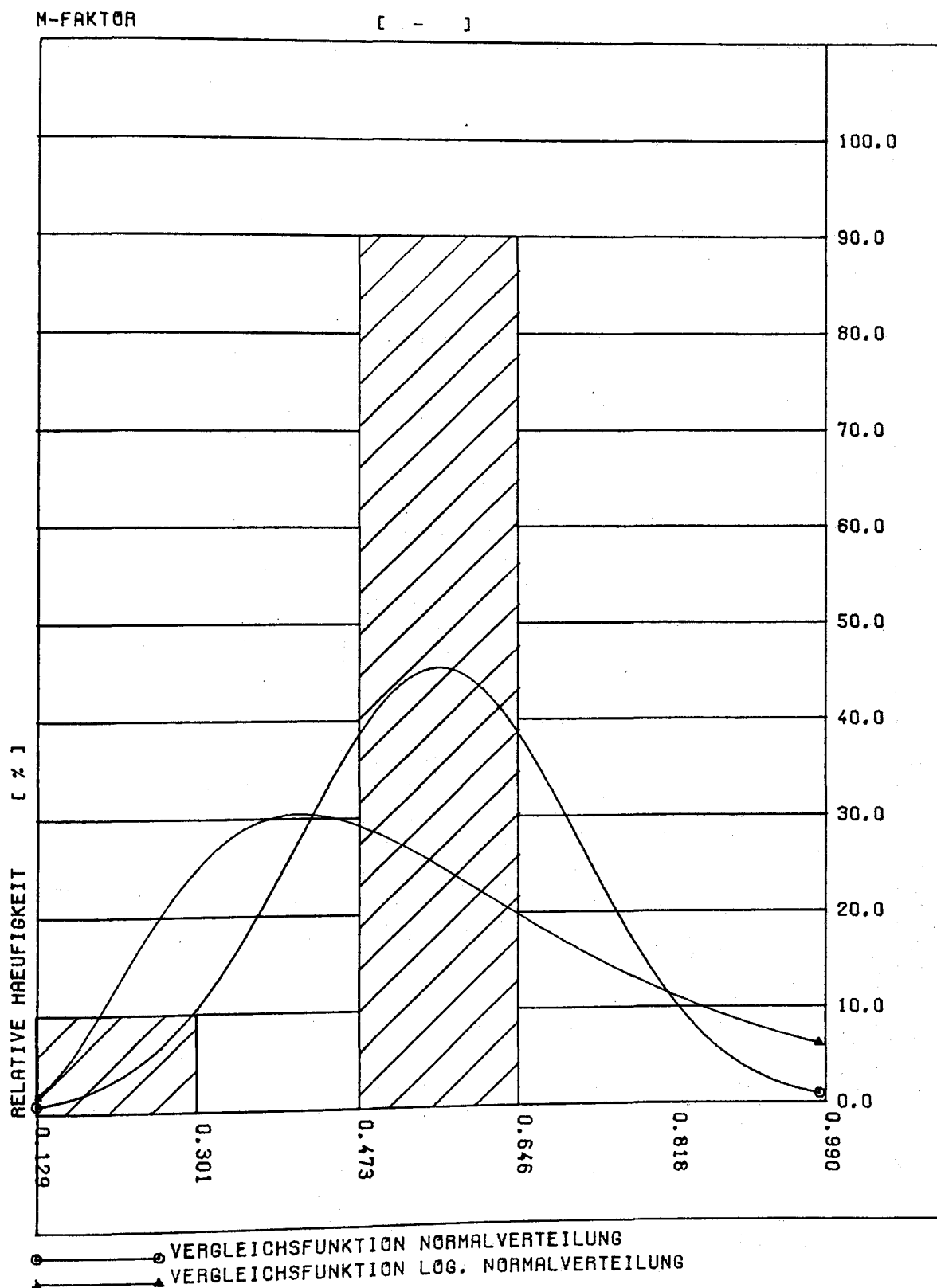




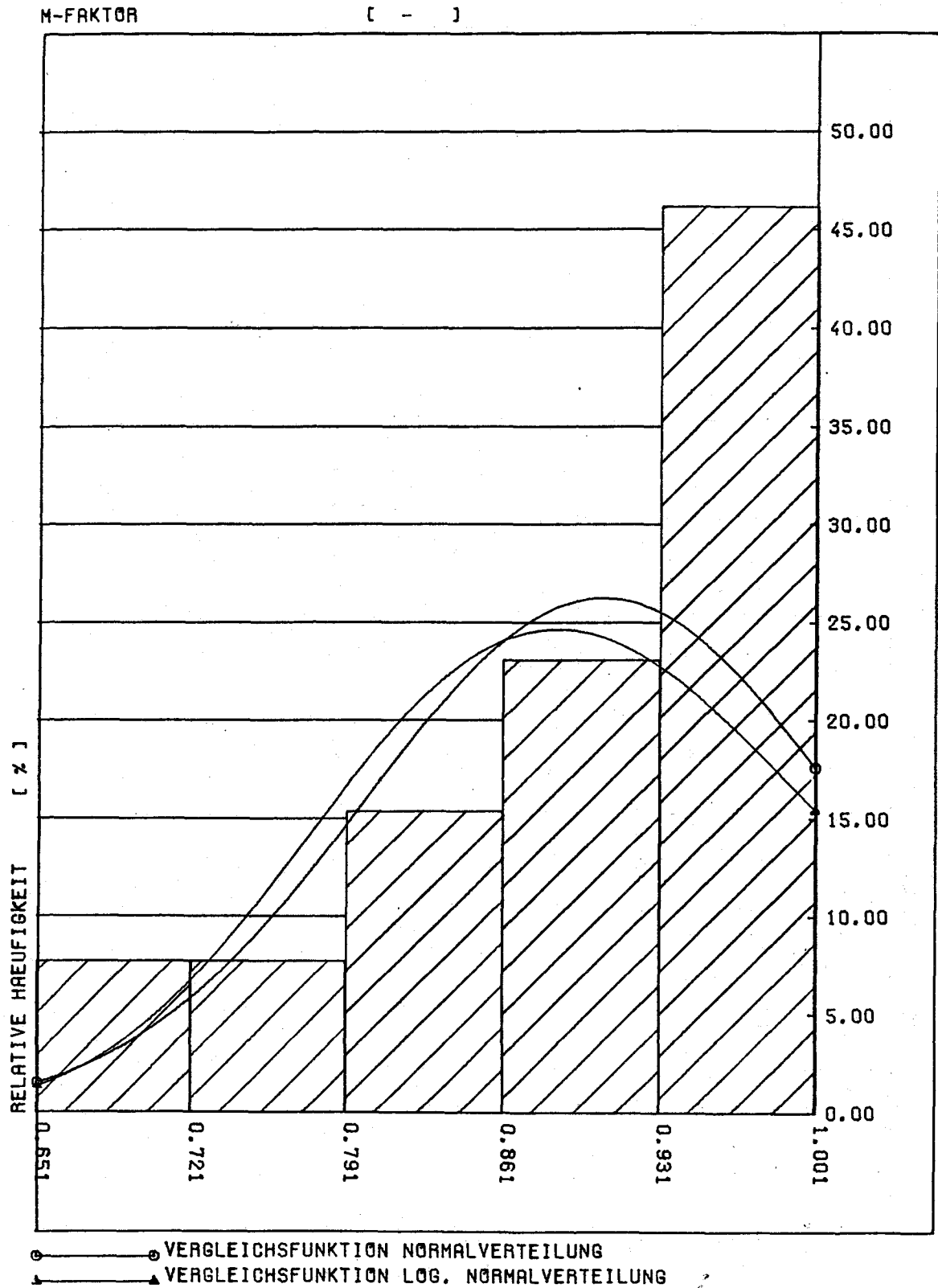




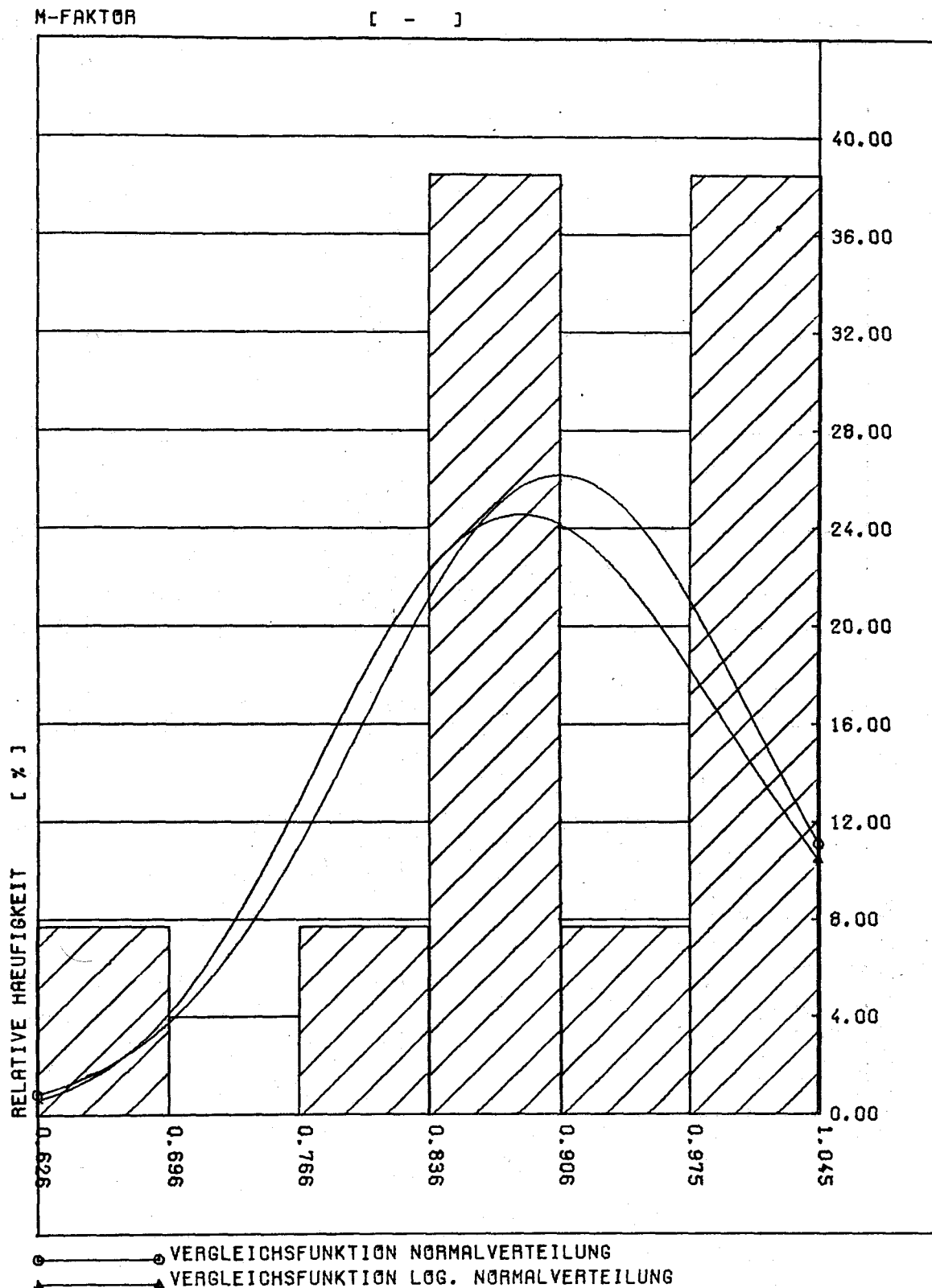
Anhang 4.4.2



LAGER.V.IM WESENTL.NICHT BR.B.STOFFE 1.V

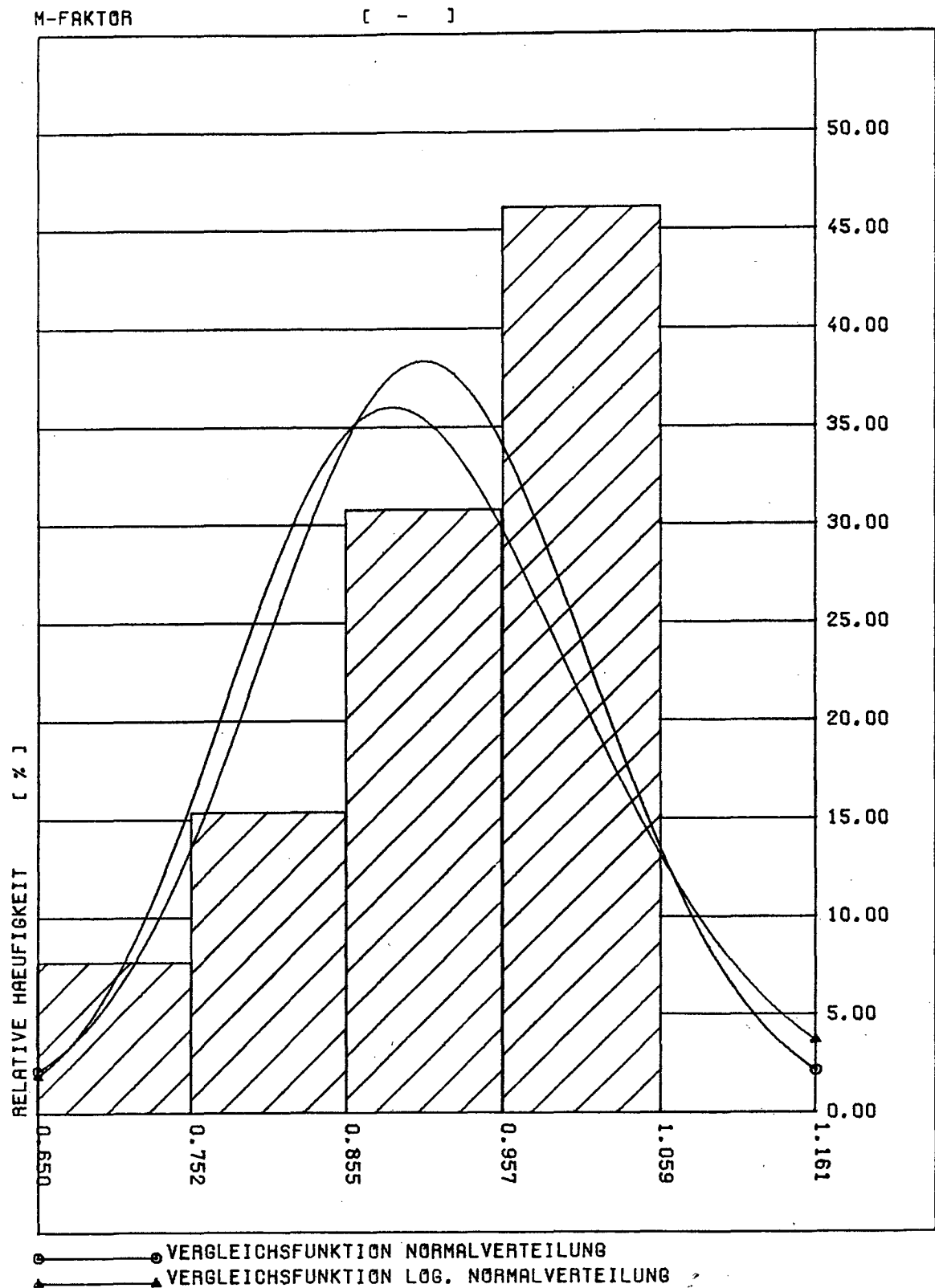


LAGER.V.IM WESENTL.NICHT BR.B.STOFFE 2.V



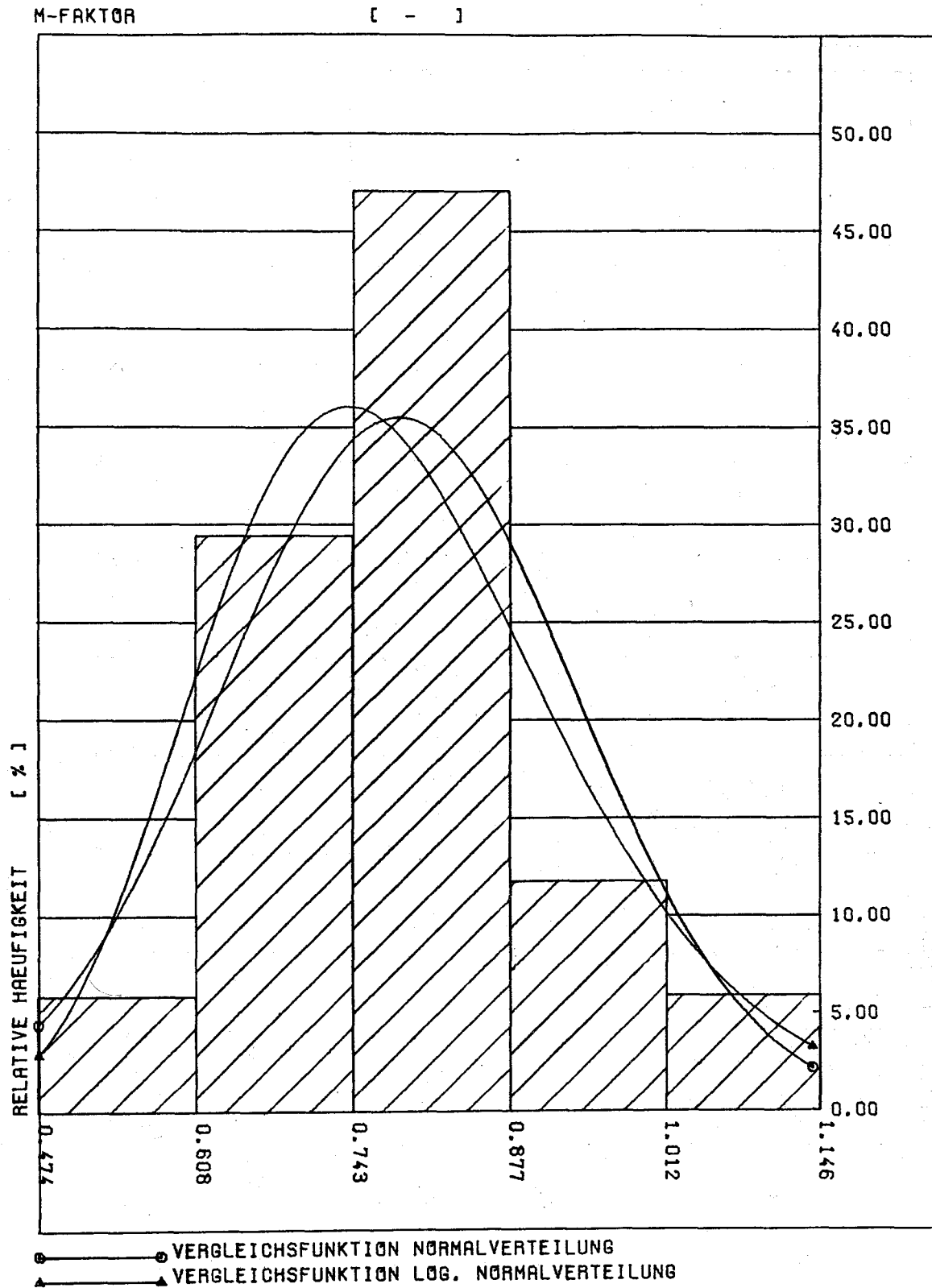
Anhang 4.5.2

LAGER.V.IM WESENTL.NICHT BR.B.STOFFE 3.V



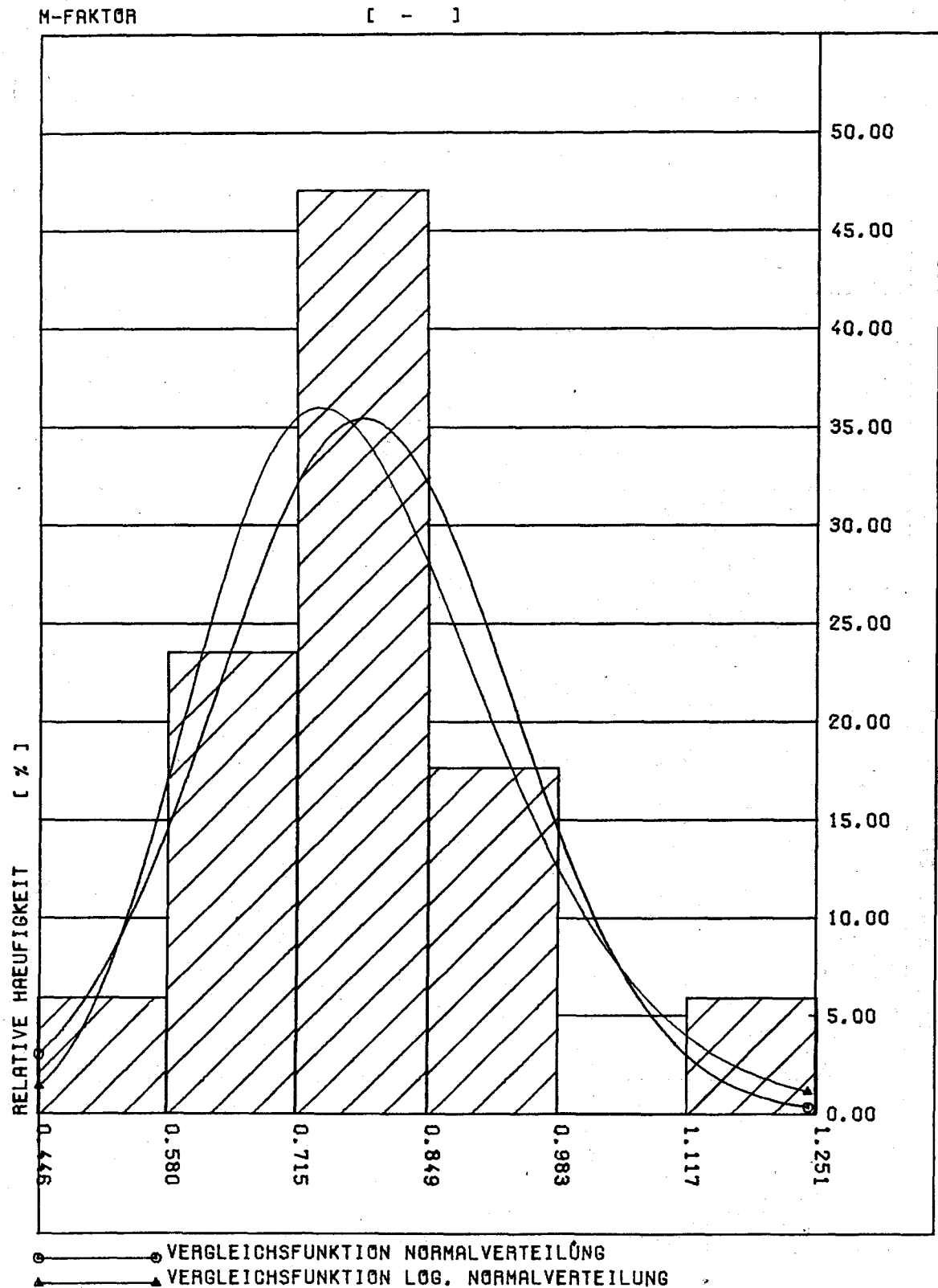
Anhang 4.5.3

MONTAGE STRASSEN U. SCHIENENFAHRZEUGE 1.V



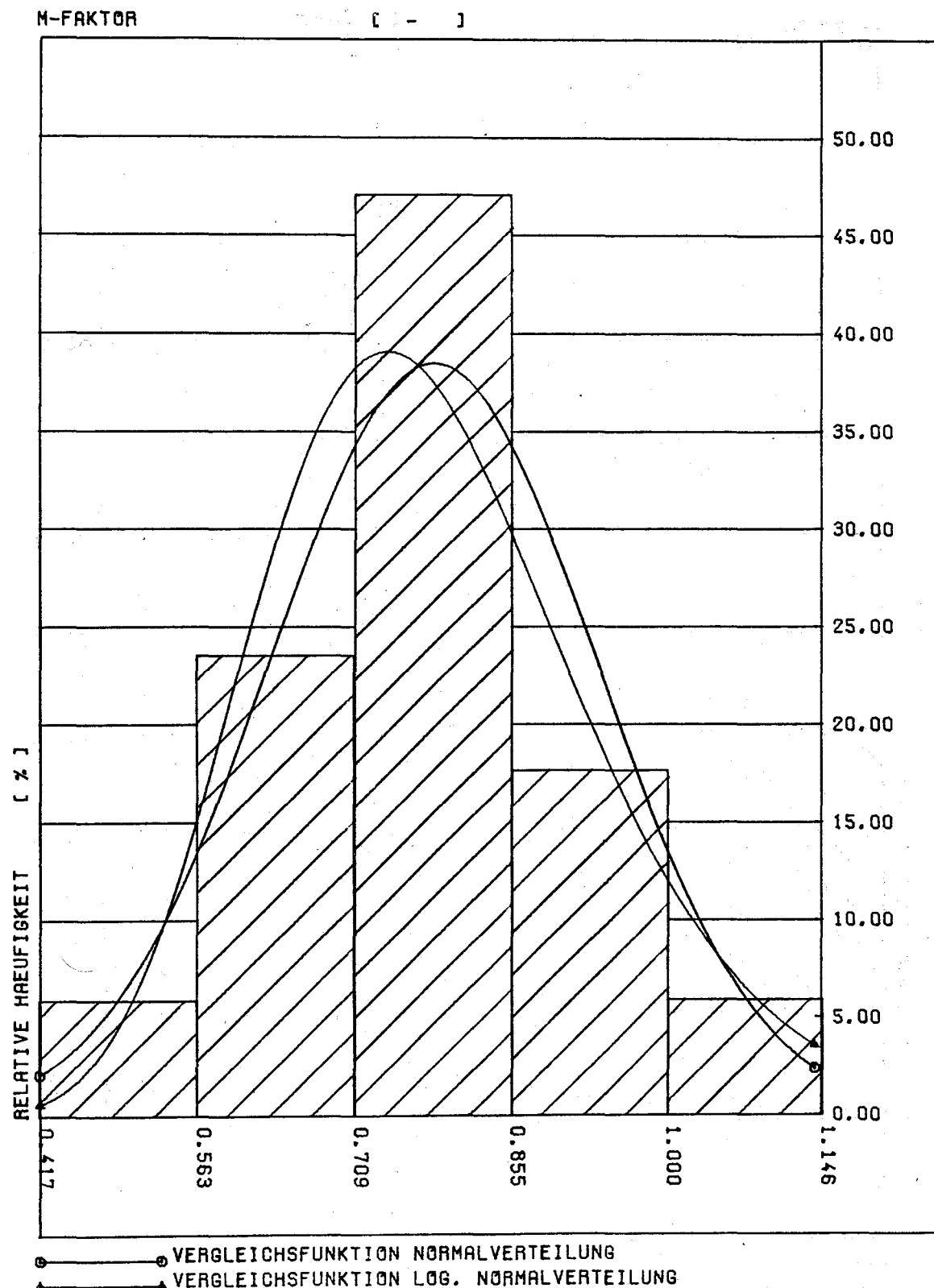
Anhang 4.6.1

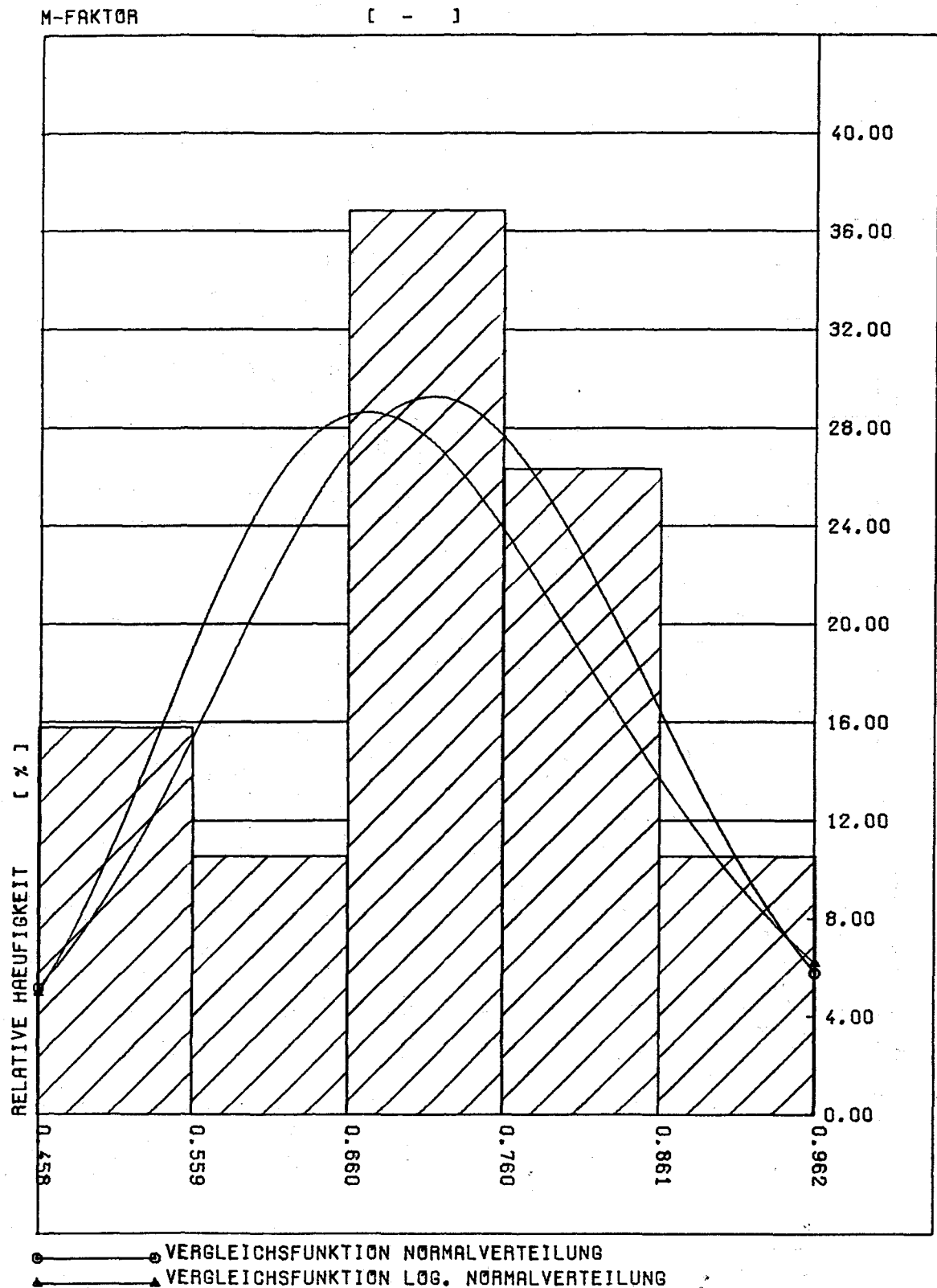
MONTAGE STRASSEN U. SCHIENENFAHRZEUGE 2.V



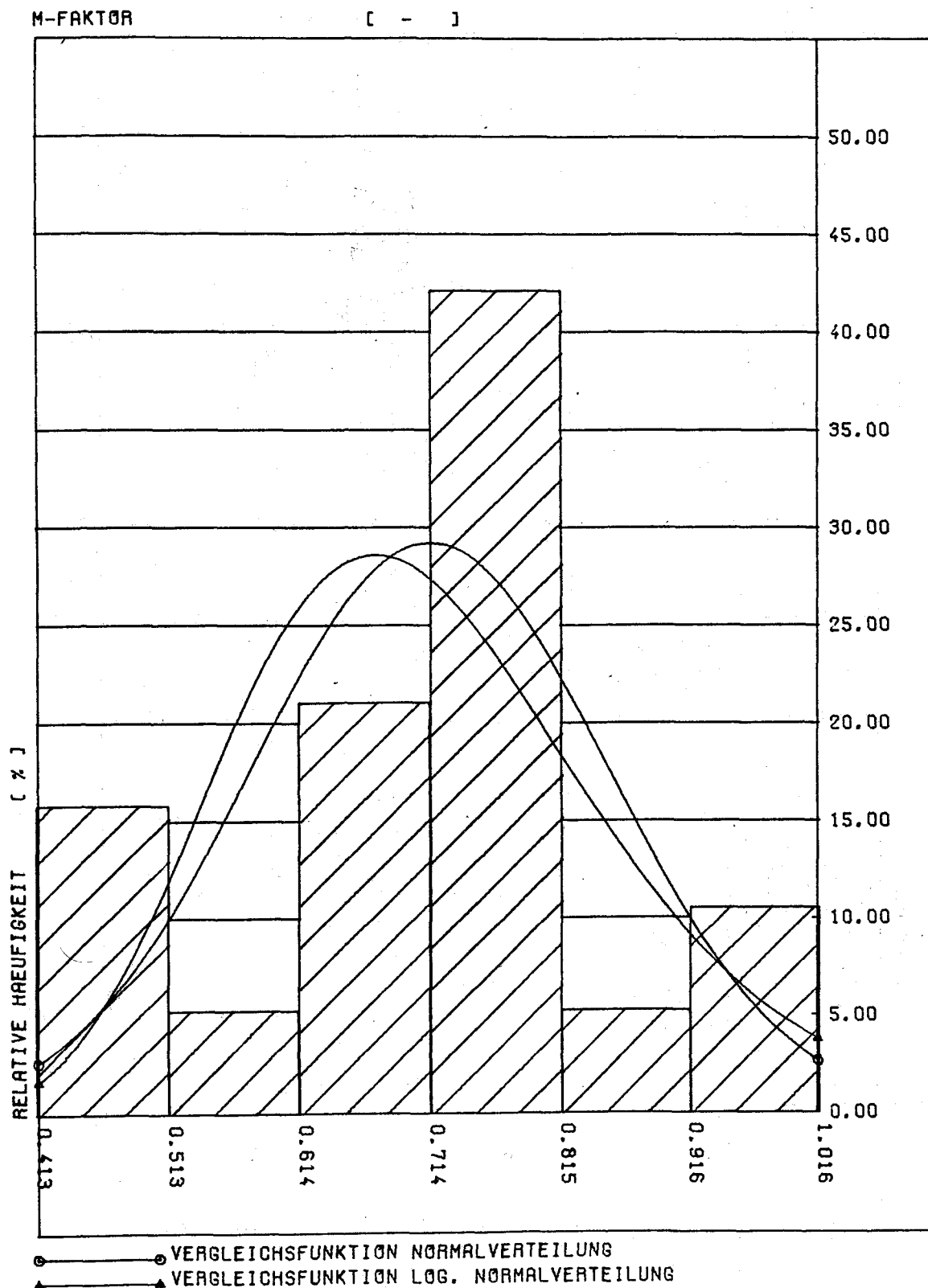
Anhang 4.6.2

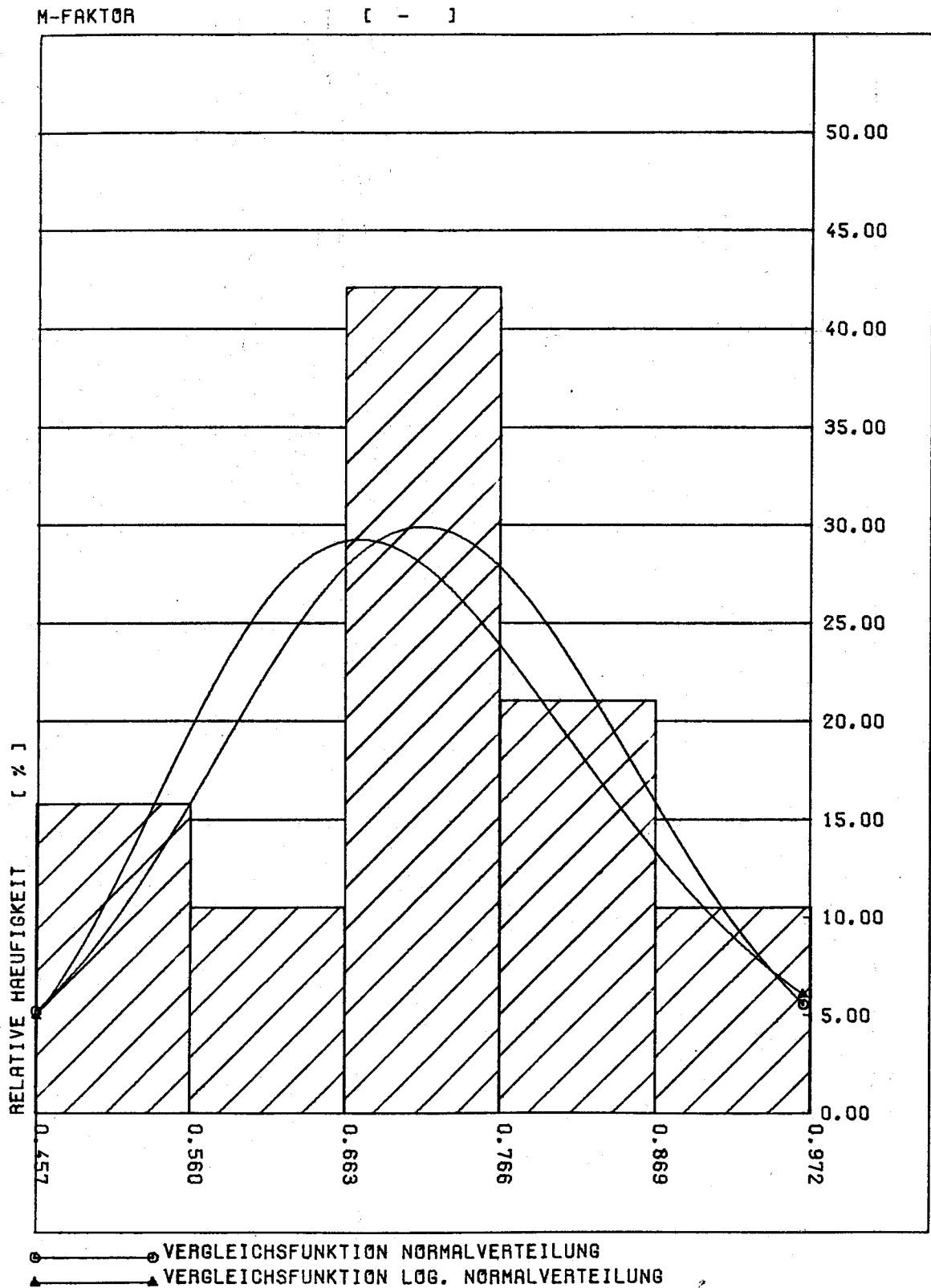
MONTAGE STRASSEN U. SCHIENENFAHRZEUGE 3.V



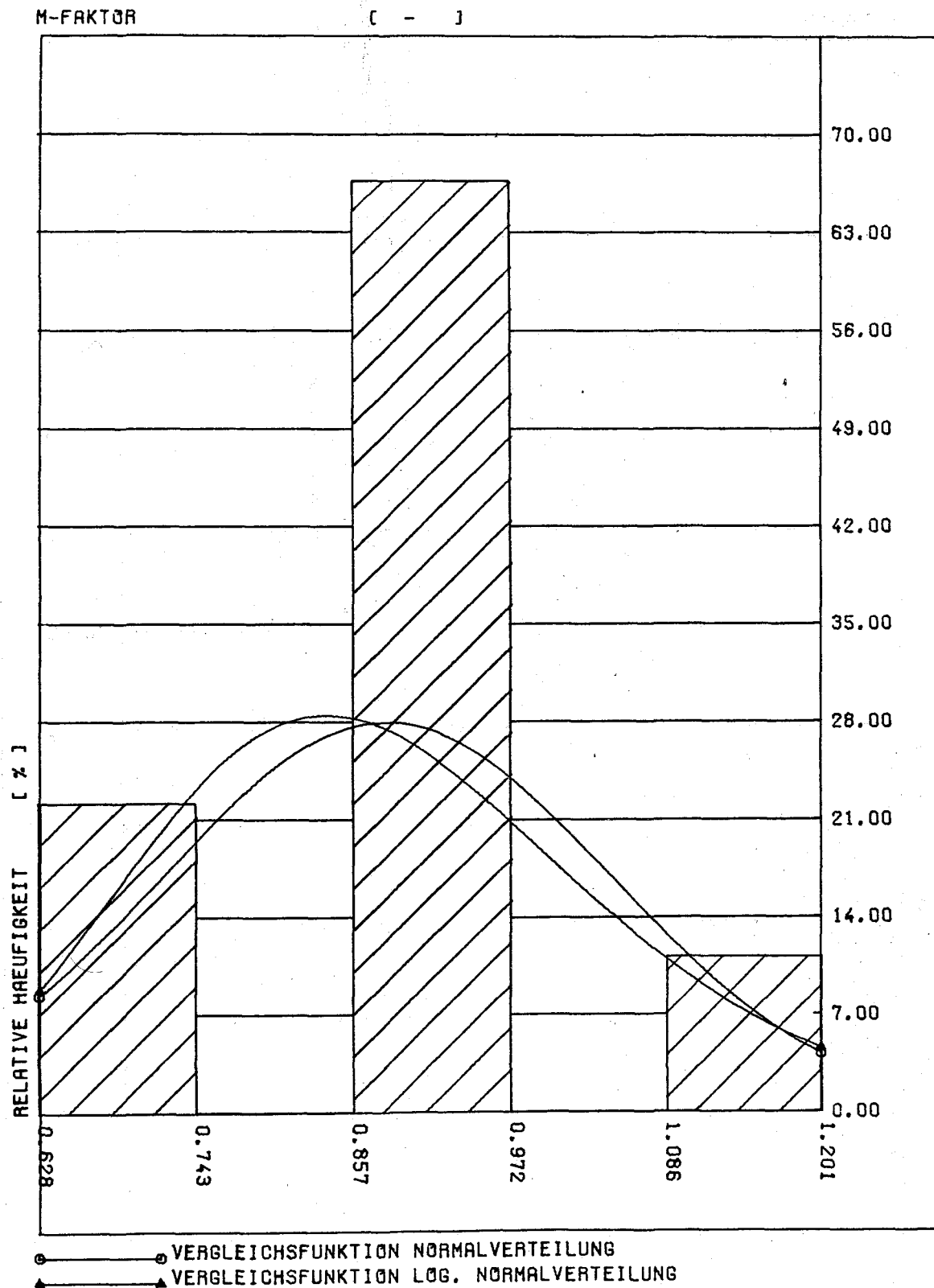


Anhang 4.7.1



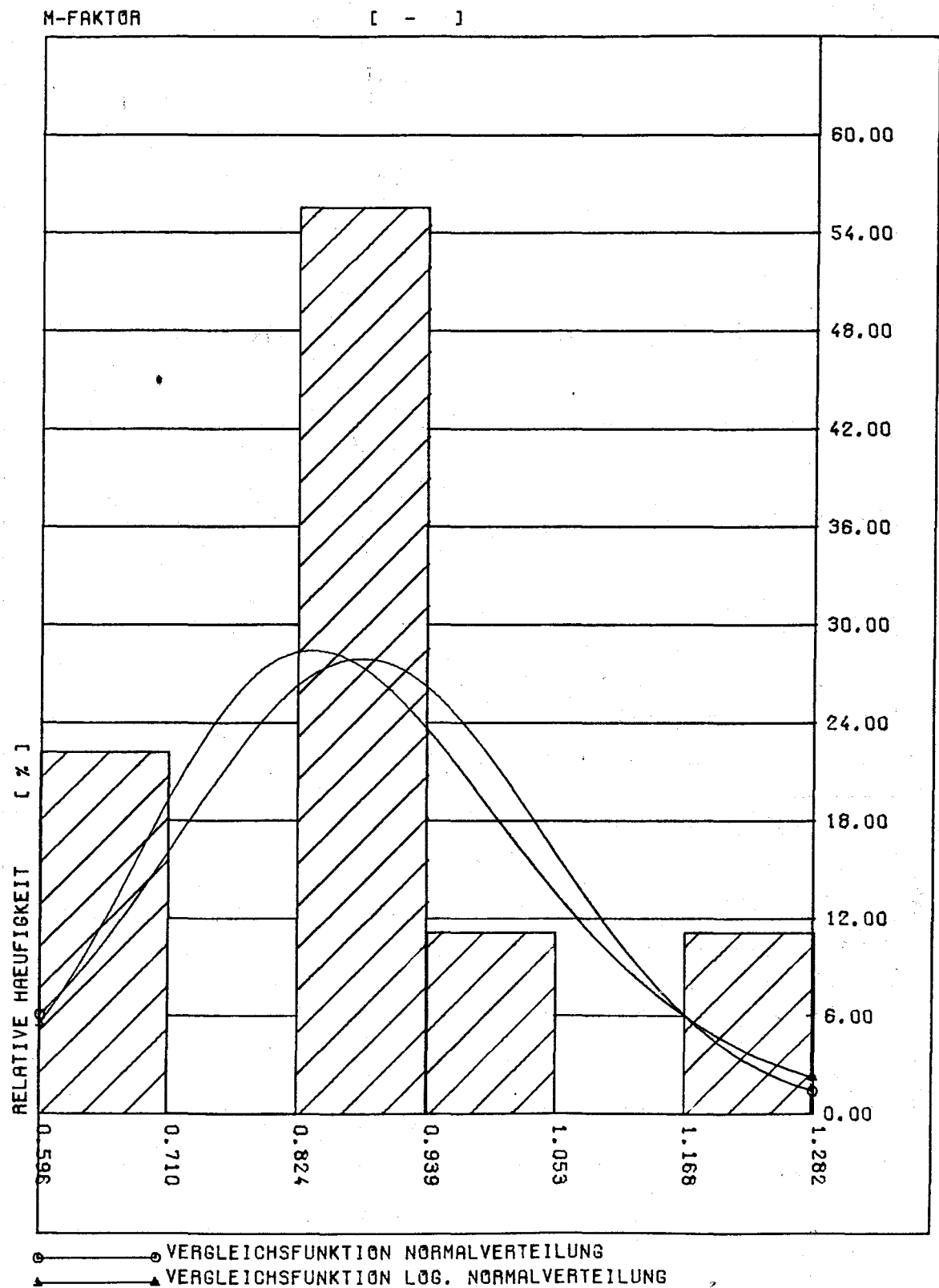


VERARBEITUNG V. HOLZ UND KUNSTSTOFFEN 1.V

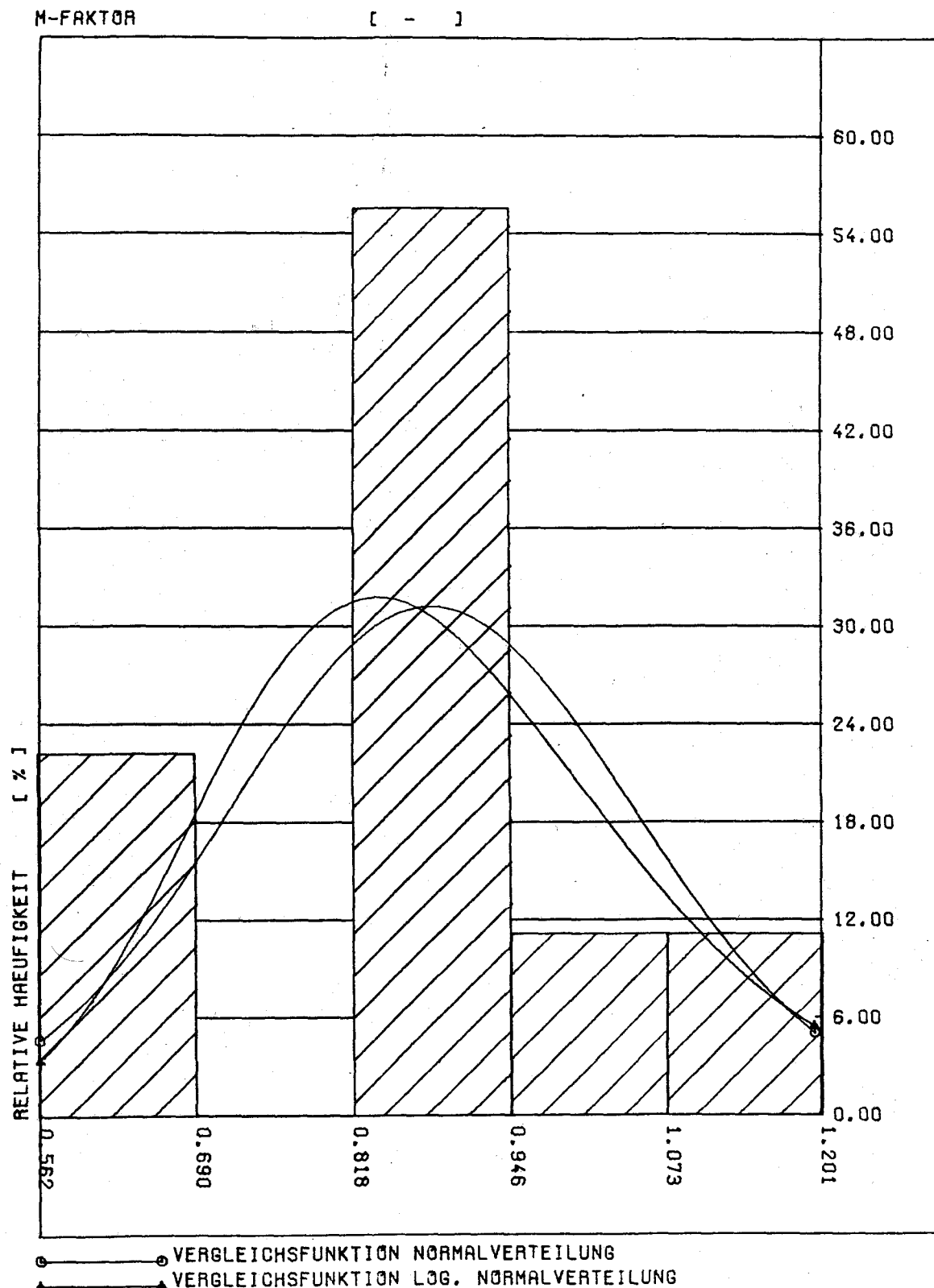


Anhang 4.8.1

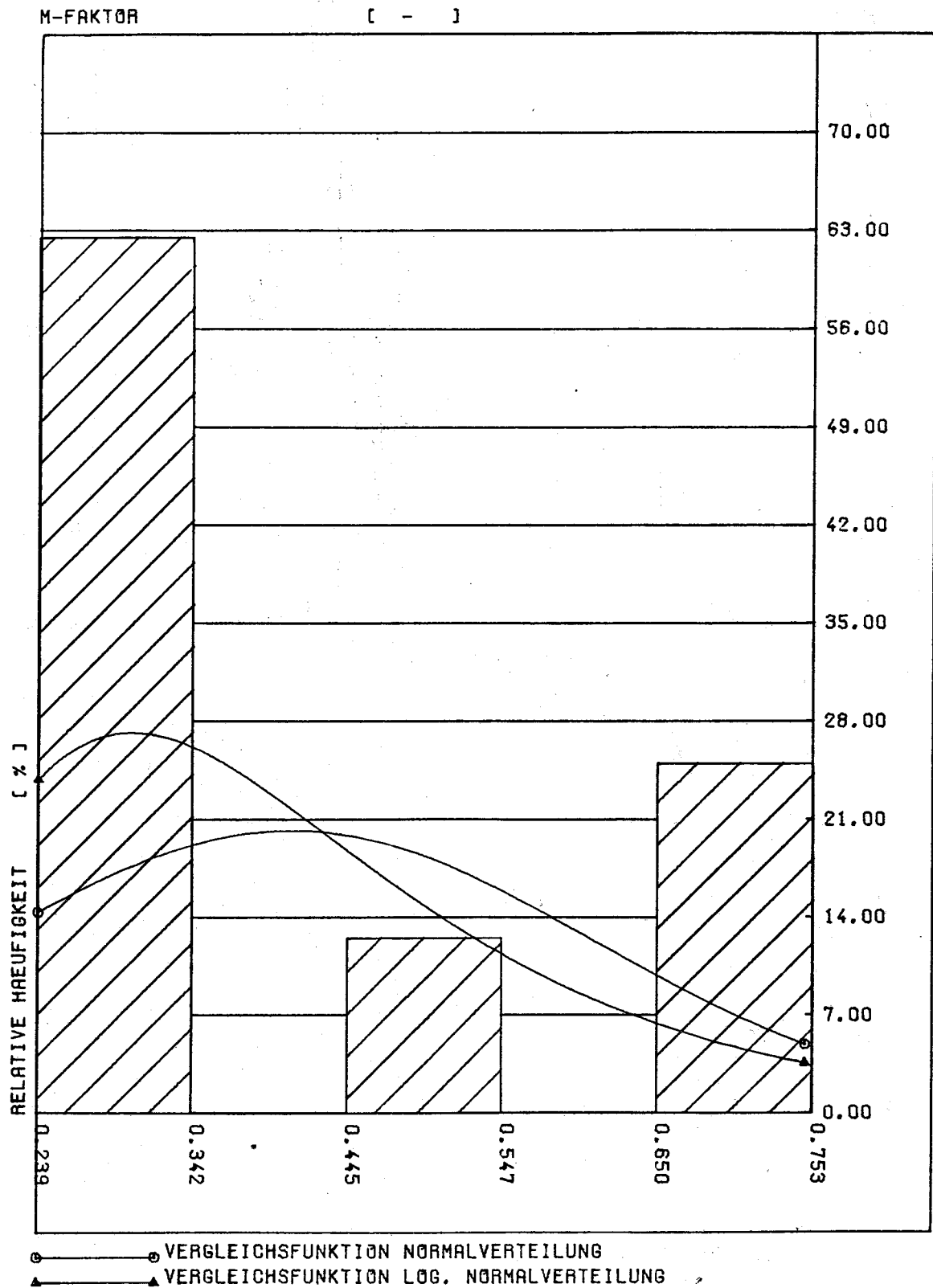
VERARBEITUNG V. HOLZ UND KUNSTSTOFFEN 2.V



VERARBEITUNG V. HÖLZ UND KUNSTSTOFFEN 3.V

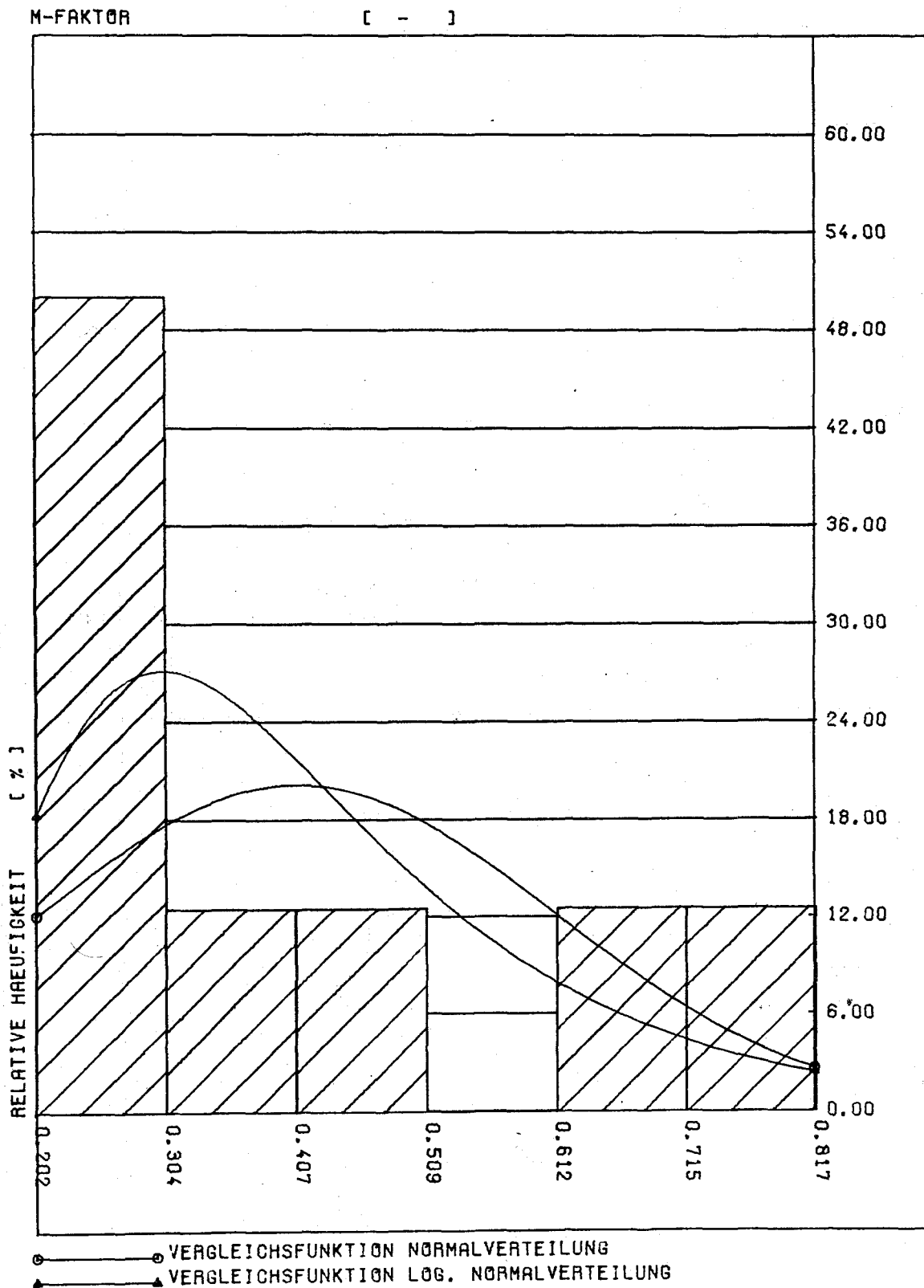


HERST.V.TEILEN AUS METALLWERKSTOFFEN 1.V



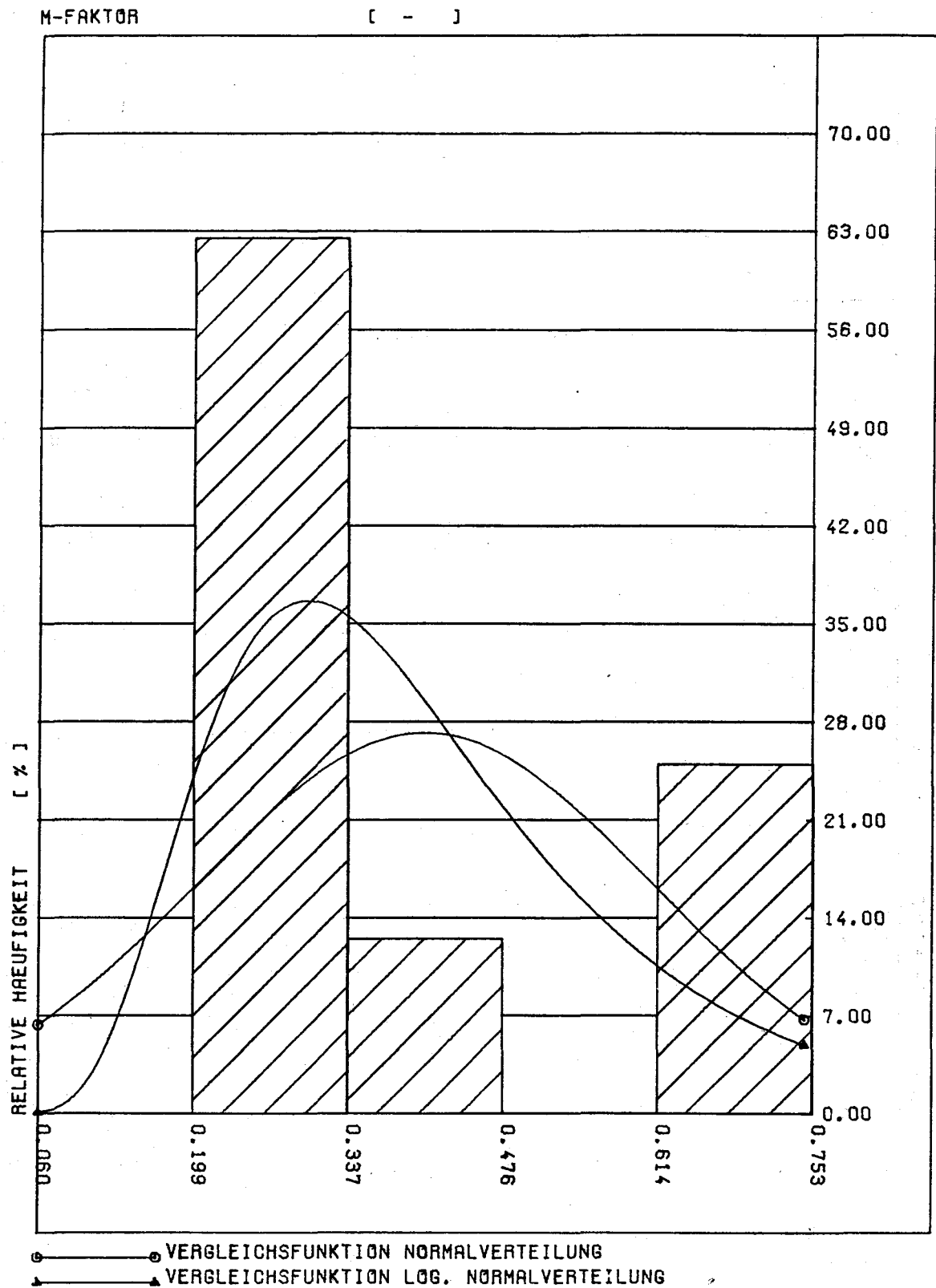
Anhang 4.9.1

HERST.V.TEILEN AUS METALLWERKSTOFFEN 2.V

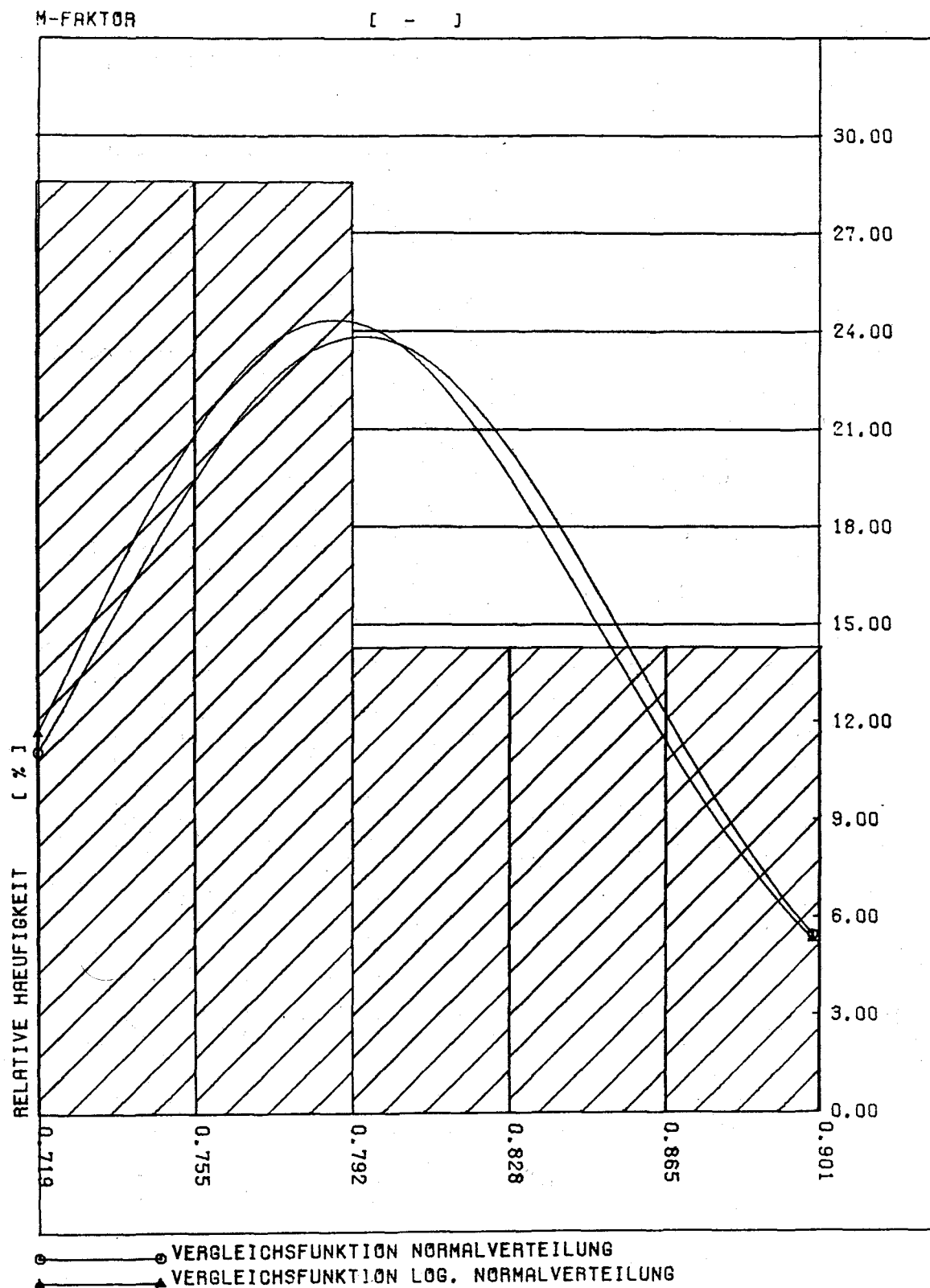


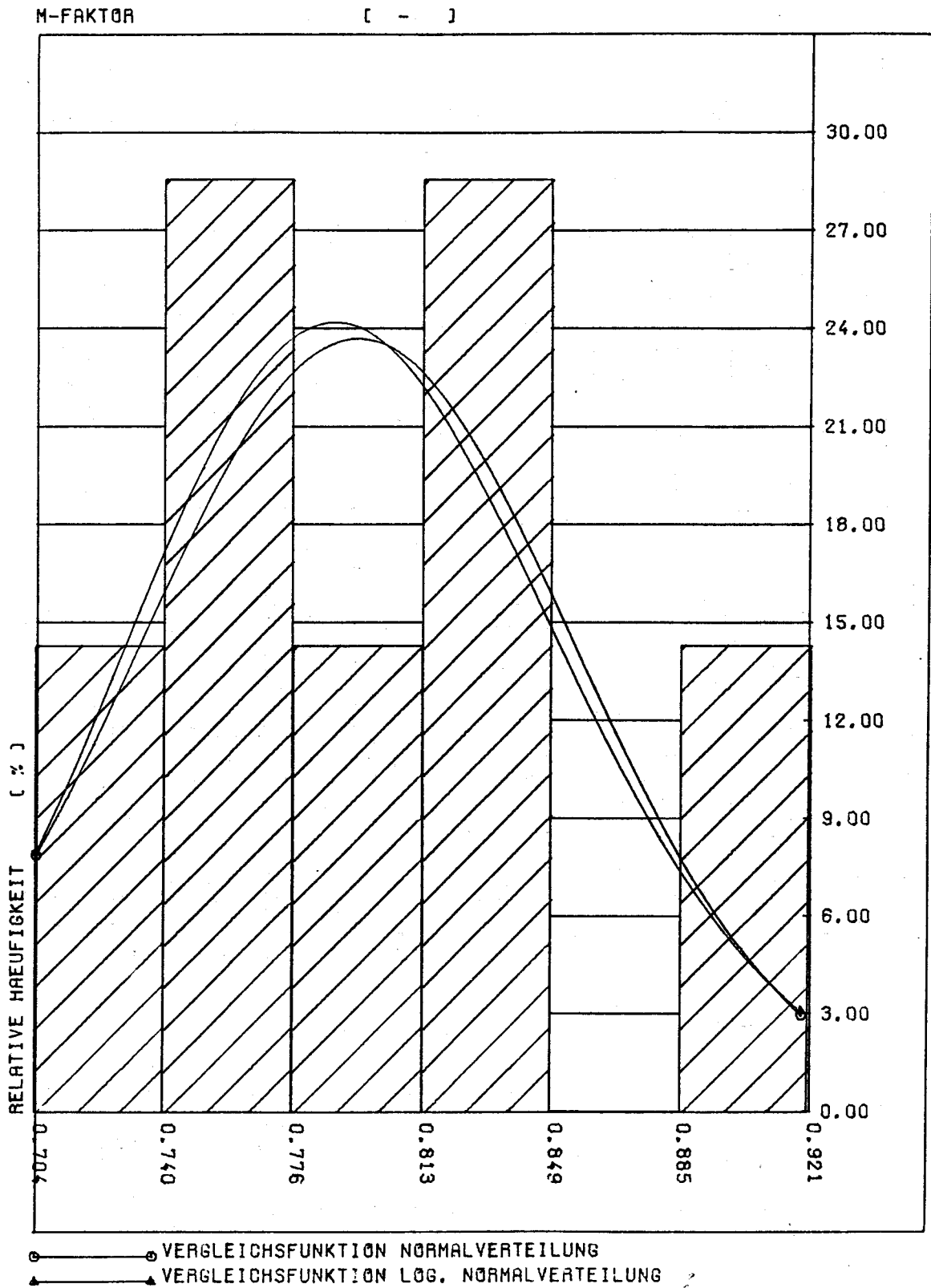
Anhang 4.9.2

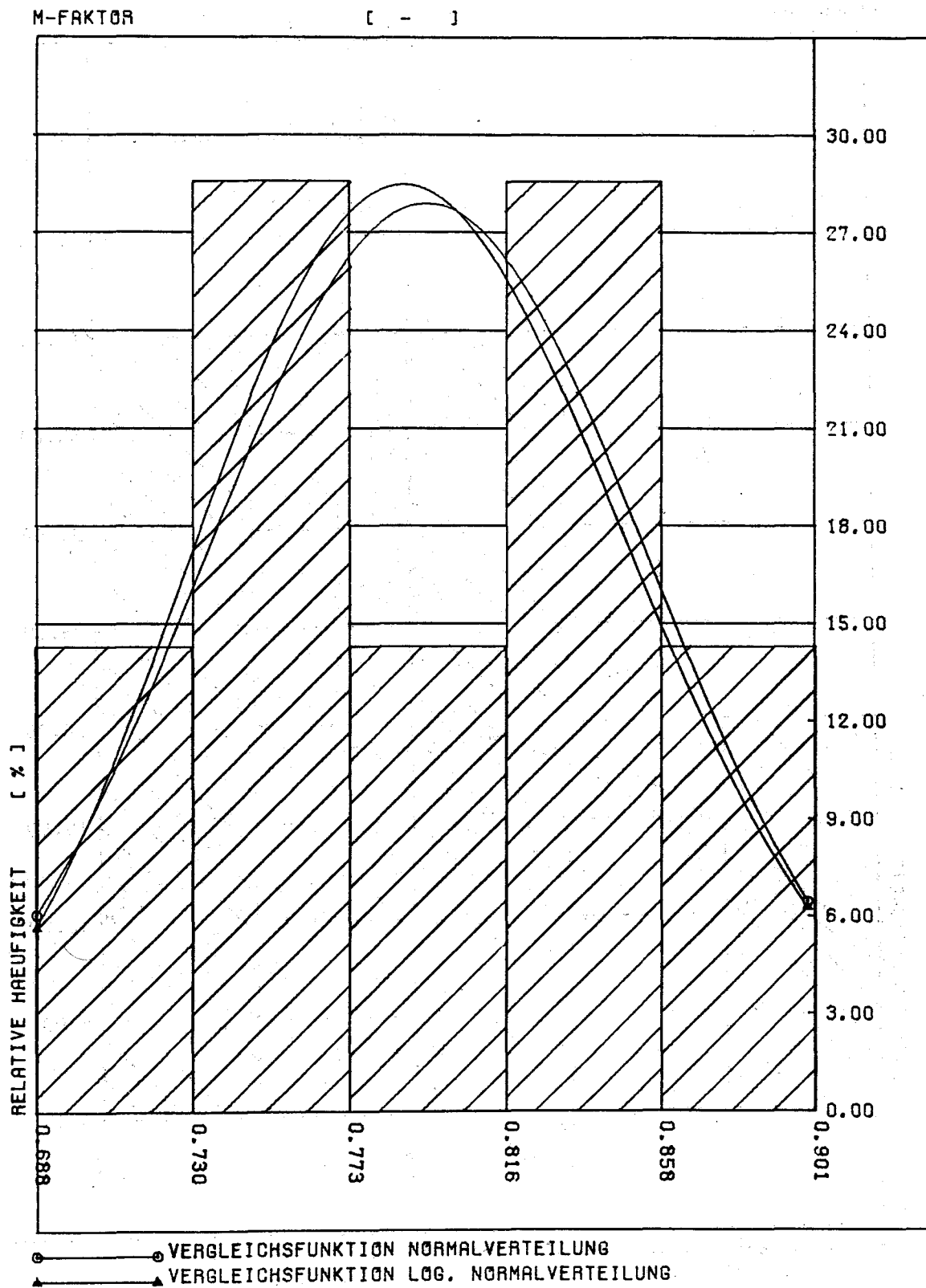
HERST.V.TEILEN AUS METALLWERKSTOFFEN 3.V



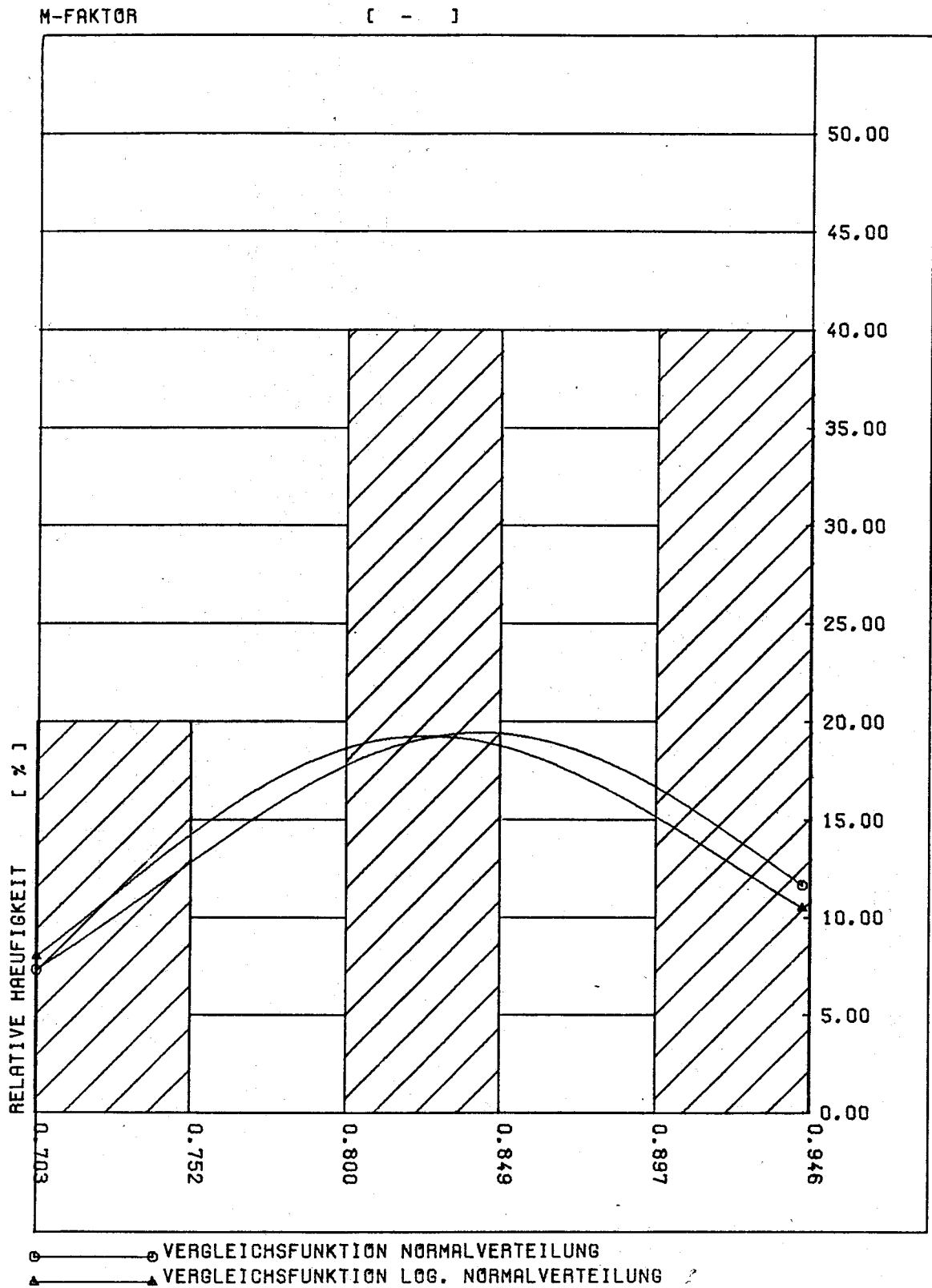
Anhang 4.9.3





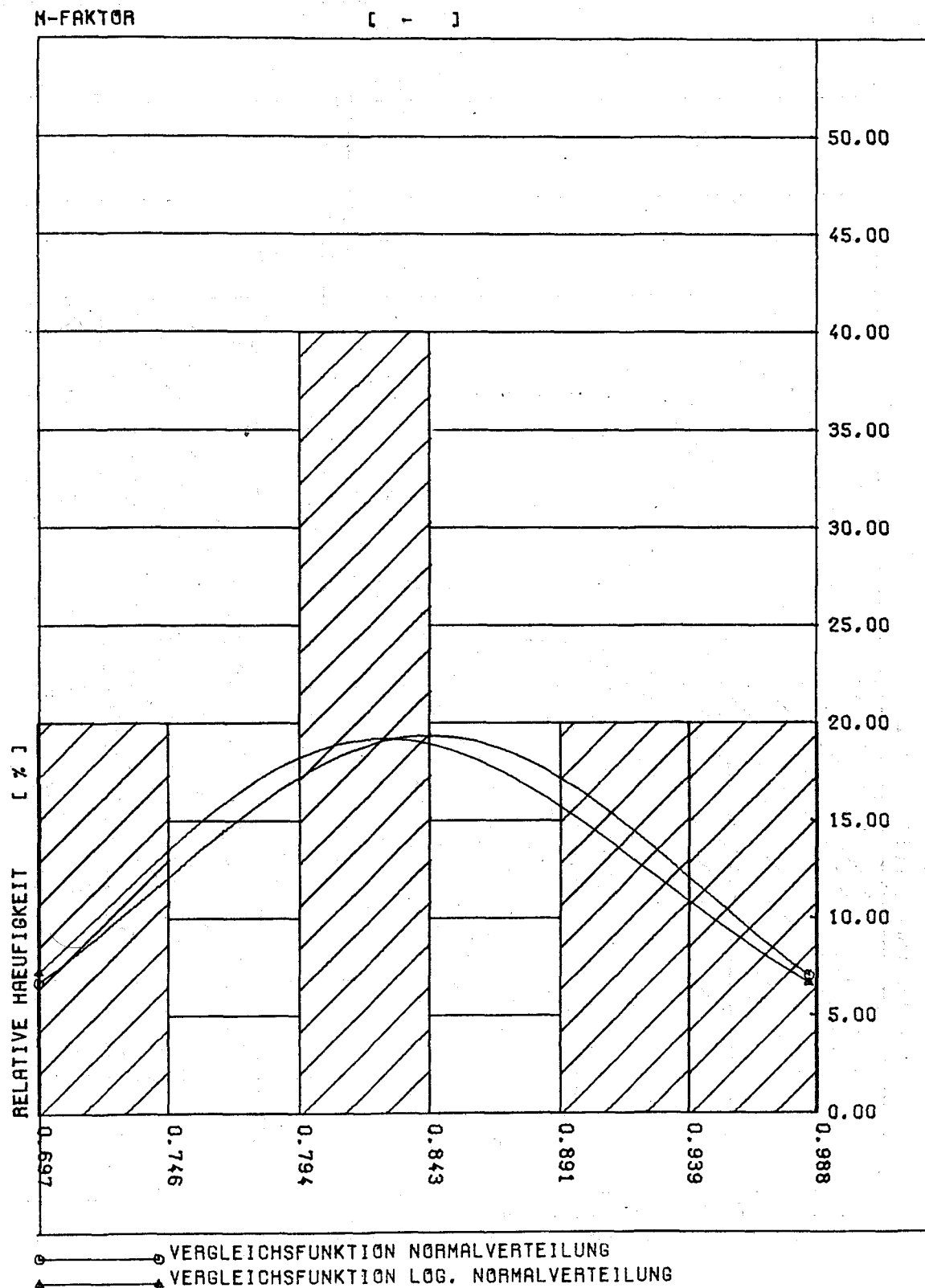


UNTERSTEL., WARTUNG U. VERWERTUNG V. KF 1.V

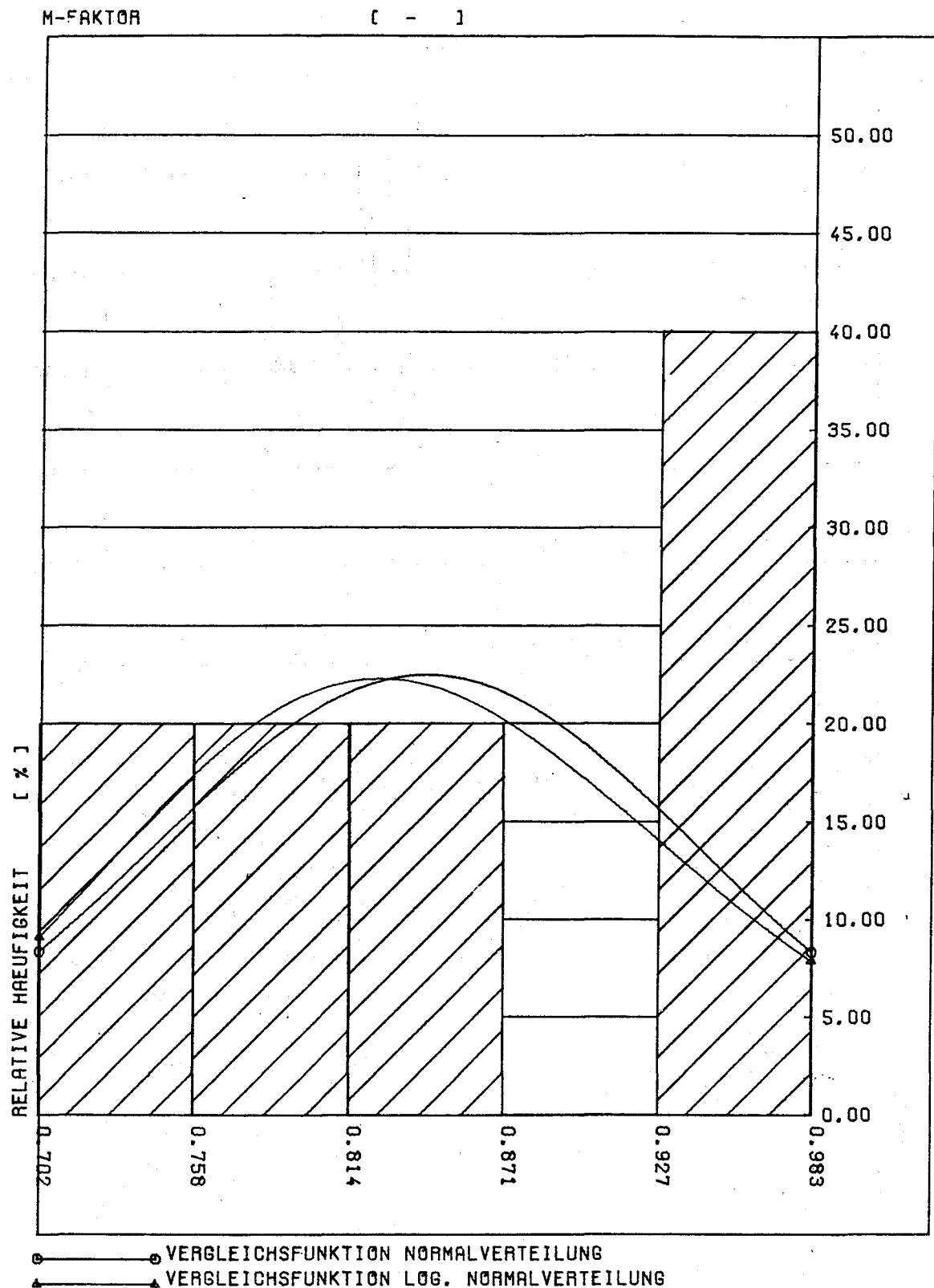


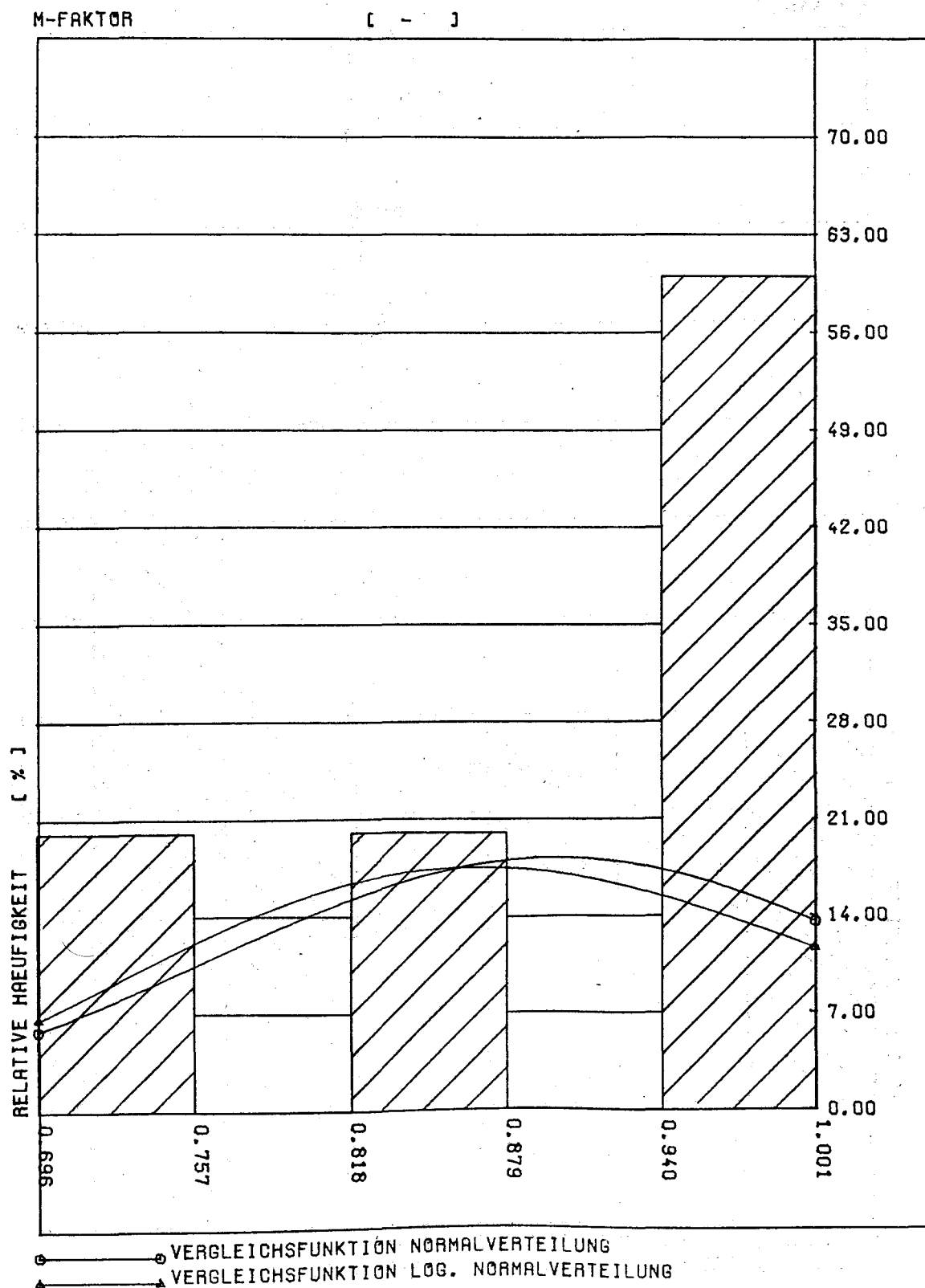
Anhang 4.11.1

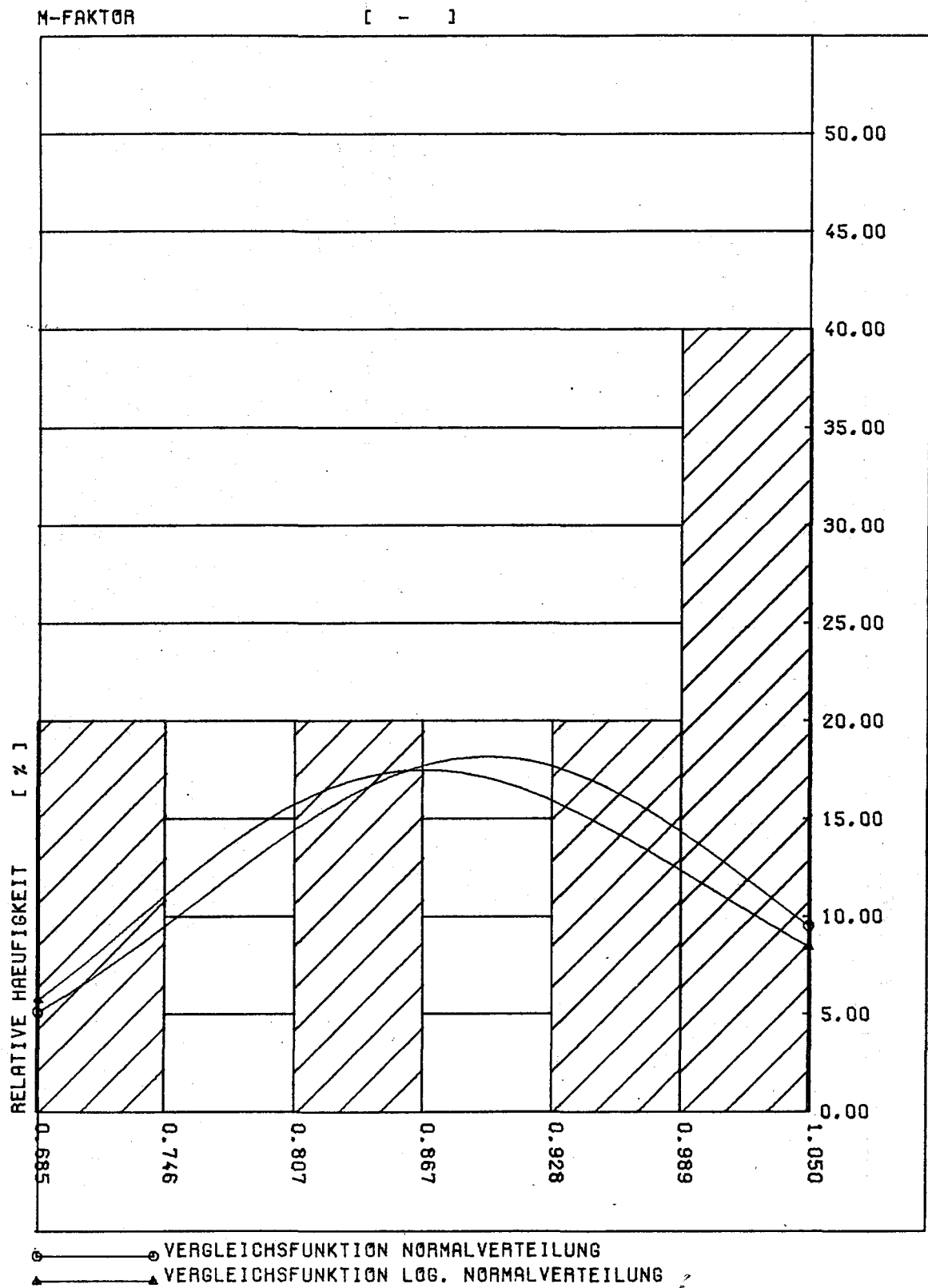
UNTERSTEL., WARTUNG U. VERWERTUNG V. KF 2.V

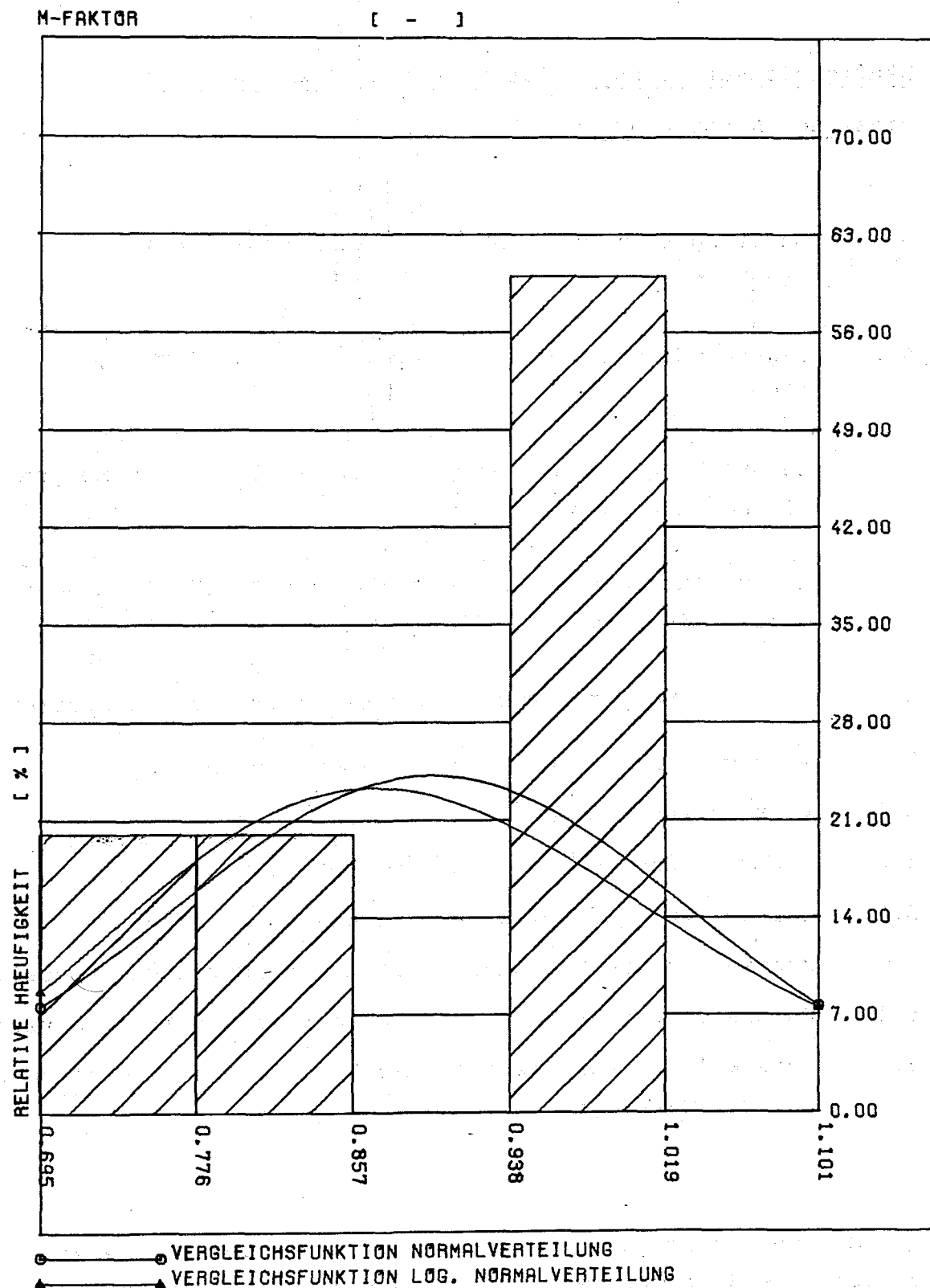


UNTERSTEL., WARTUNG U. VERWERTUNG V. KF 3.V









Anhang 4.12.3

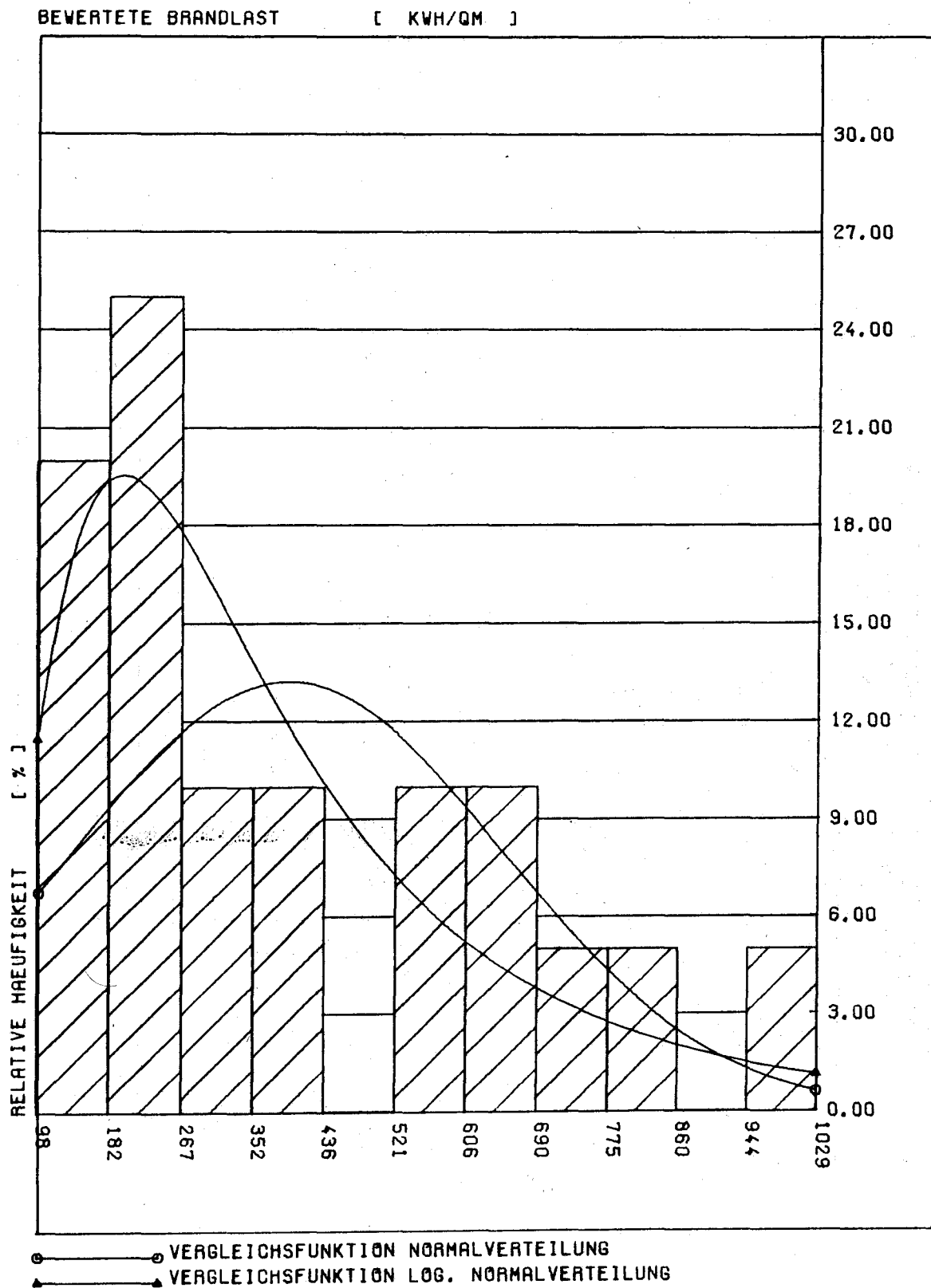
Anhang 5

Häufigkeitsverteilungen für bewertete Brandlast der einzelnen Nutzungsarten

- 5.1 Lagerung brennbarer Stoffe in Mengen kleiner
150 kg/m²
- 5.2 Lagerung brennbarer Stoffe in Mengen größer
150 kg/m²
- 5.3 Herstellung und Lagerung brennbarer Stoffe in Mengen
kleiner 150 kg/m²
- 5.4 Herstellung und Lagerung brennbarer Stoffe in Mengen
größer 150 kg/m²
- 5.5 Lagerung von im wesentlichen nicht brennbaren Stoffen
- 5.6 Montage von Straßen- und Schienenfahrzeugen
- 5.7 Verarbeitung von Metallteilen
- 5.8 Verarbeitung von Holz und Kunststoffen
- 5.9 Herstellung von Teilen aus Metallwerkstoffen
- 5.10 Montage, sowie Produktion mit Lagerung von Elektroteilen
- 5.11 Unterstellung, Wartung und Verwertung von Kraftfahrzeugen
- 5.12 Herstellung, Verarbeitung und Versand von mineralischen-
und Glaswerkstoffen

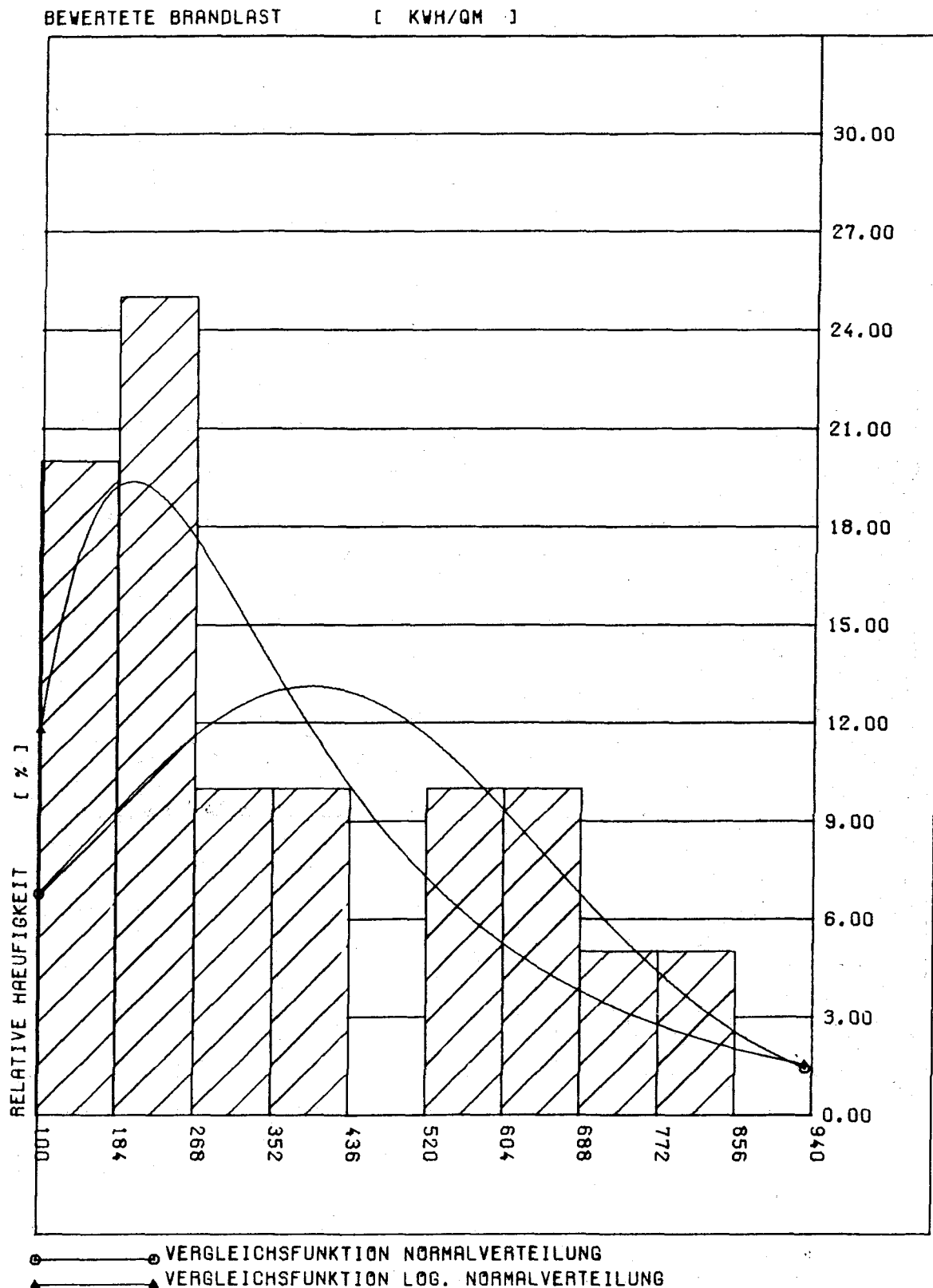
Die dritte Ziffer gibt an mit welcher Form der Klasseneinteilung die Histogramme ermittelt wurden (Vgl. Abschnitt 3.3.1).

LAGERUNG BRENNBARER STÖFFE < 150 KG/QM 1



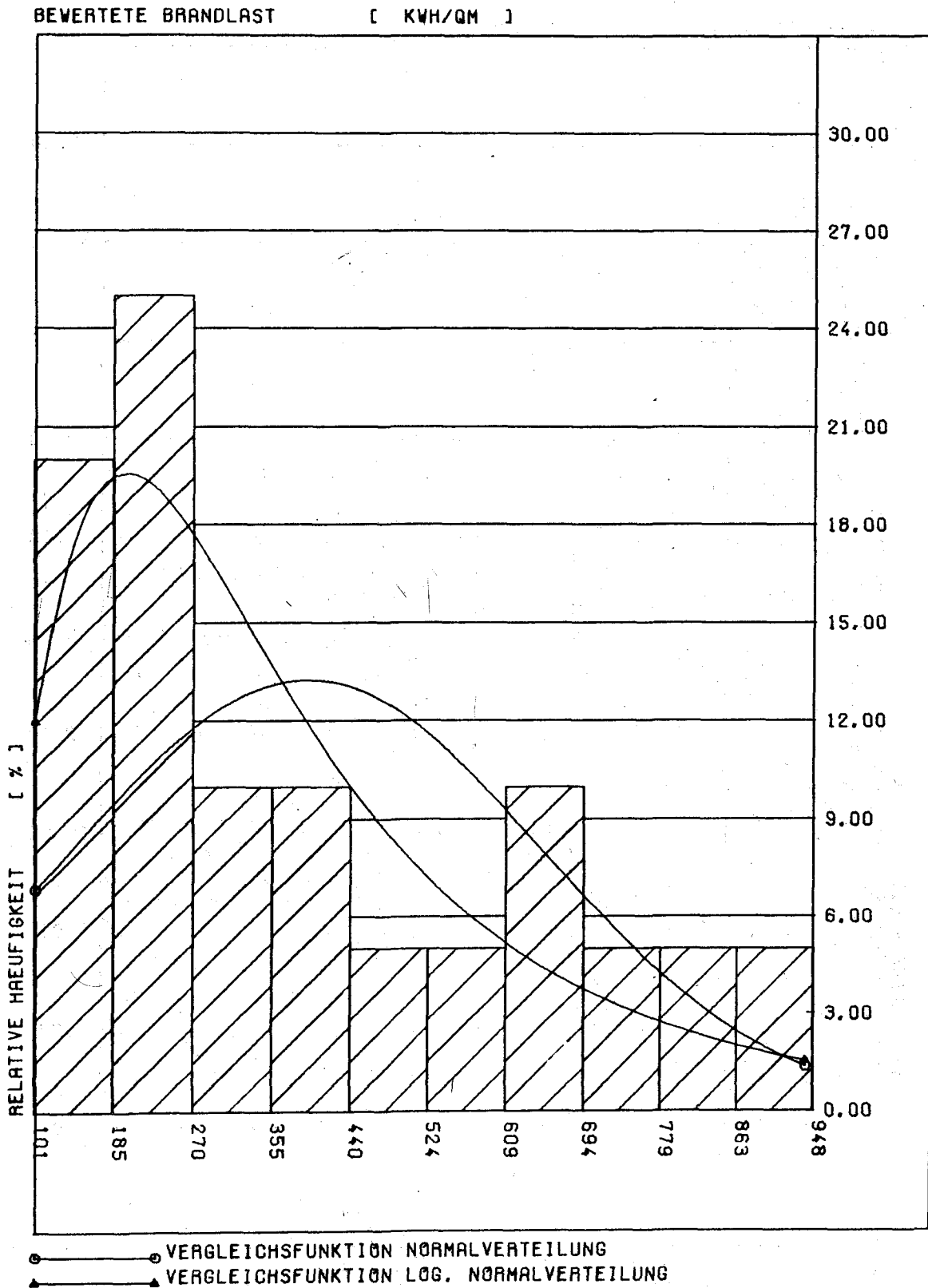
Anhang 5.1.1

LAGERUNG BRENNBARER STOFFE < 150 KG/QM 2



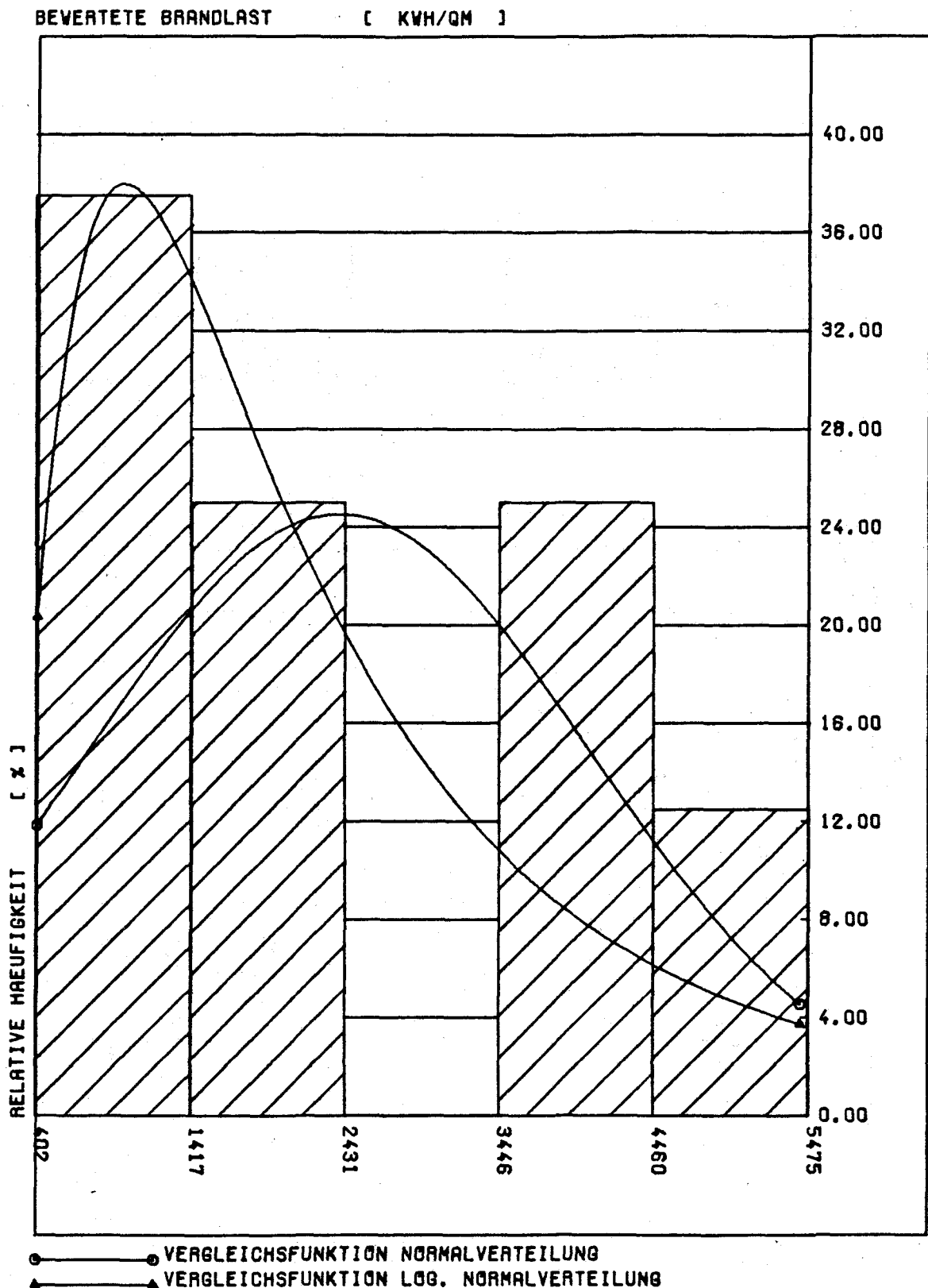
Anhang 5.1.2

LAGERUNG BRENNBARER STÖFFE < 150 KG/QM 3



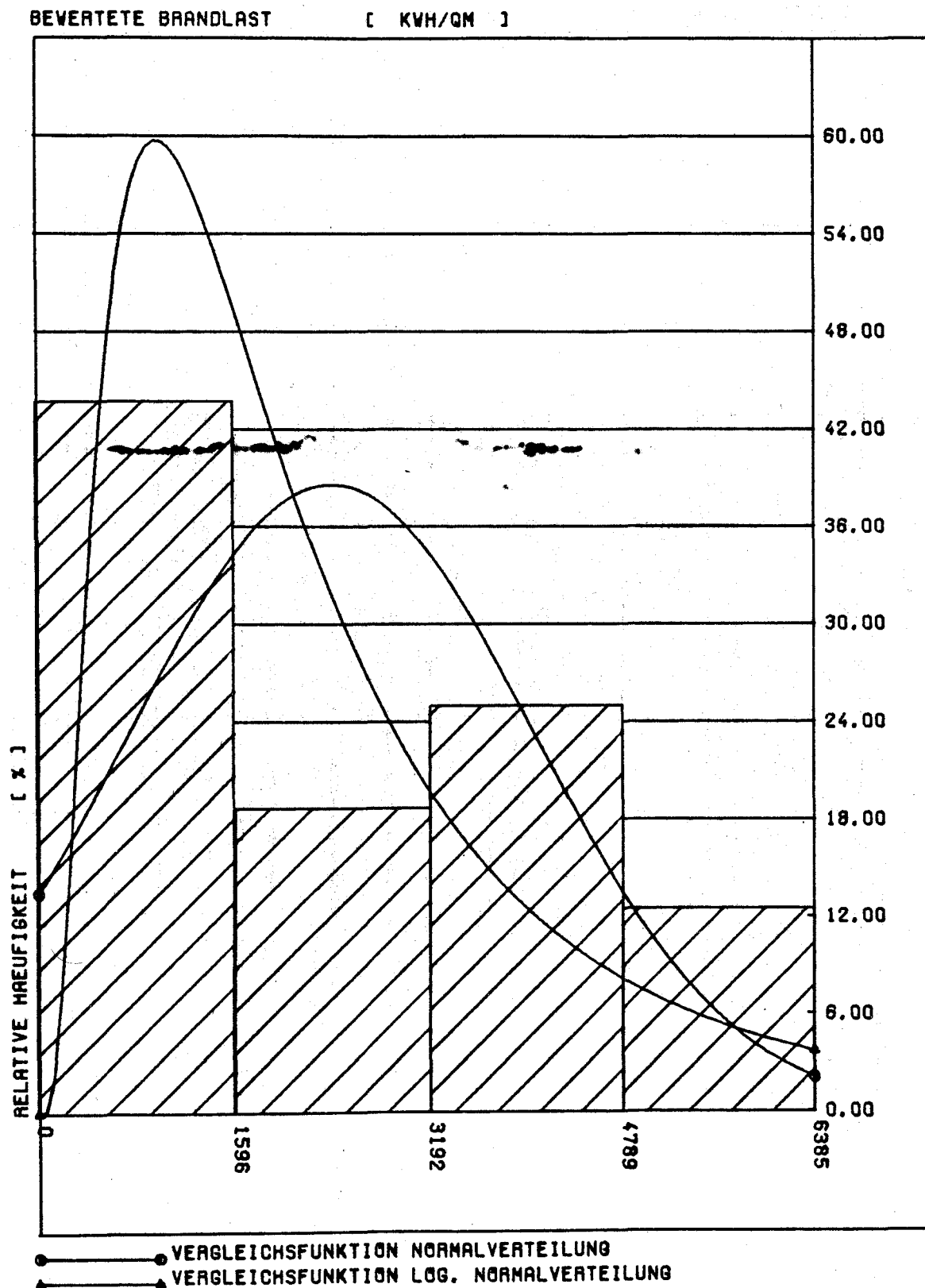
Anhang 5.1.3

LAGERUNG BRENNBARER STÖFFE > 150 KG/QM 1



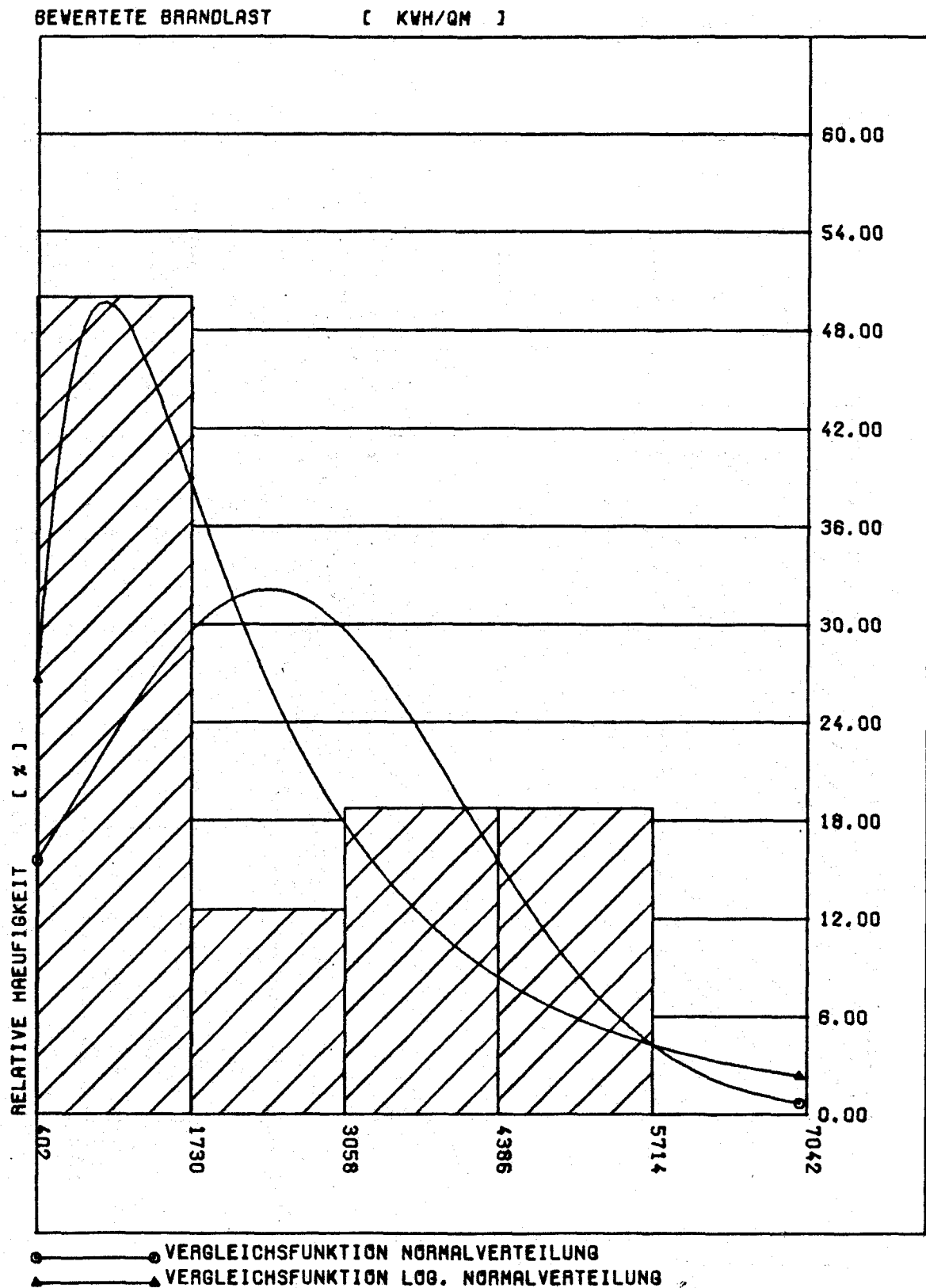
Anhang 5.2.1

LAGERUNG BRENNBARER STOFFE > 150 KG/QM 2

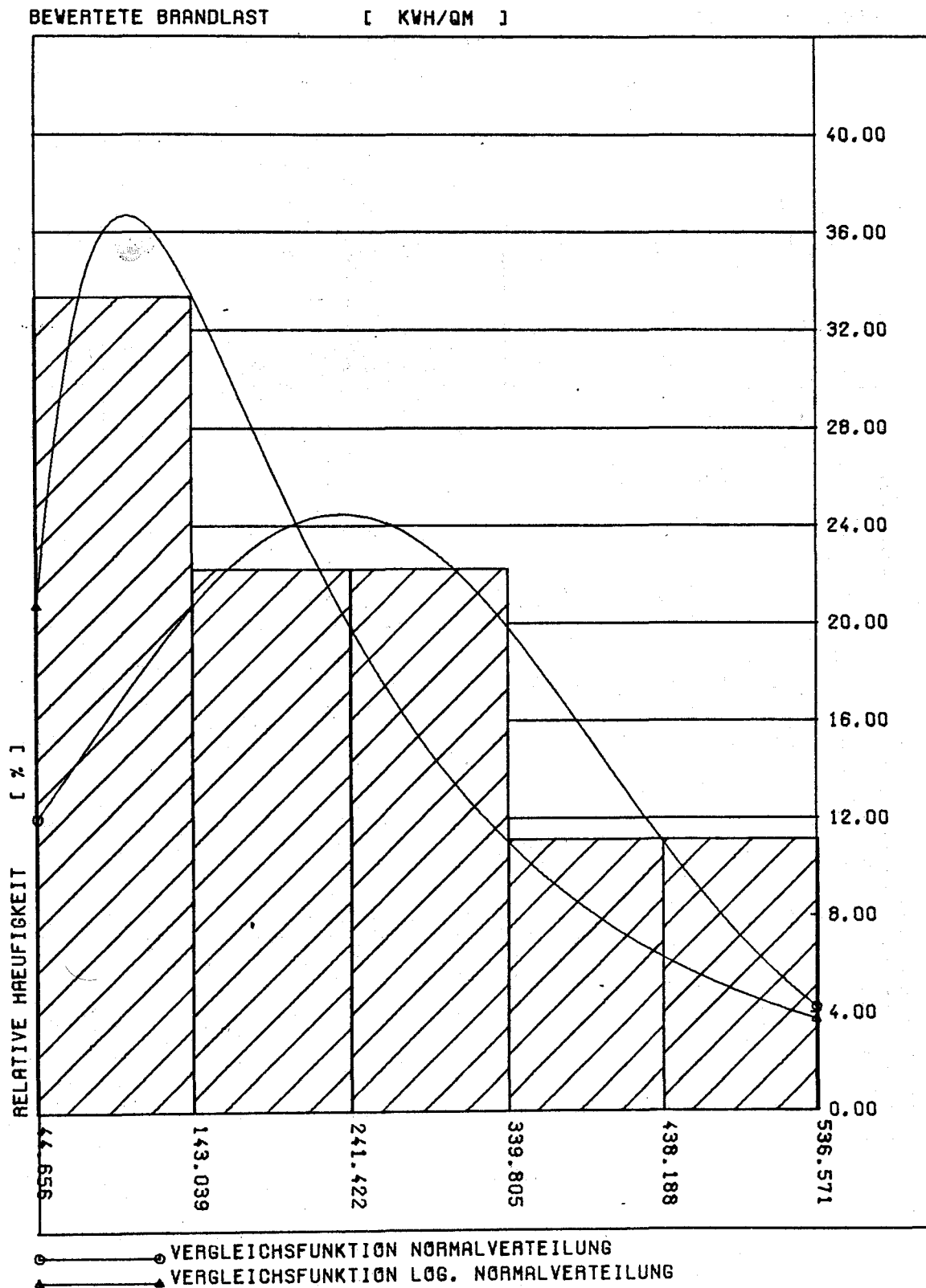


Anhang 5.2.2

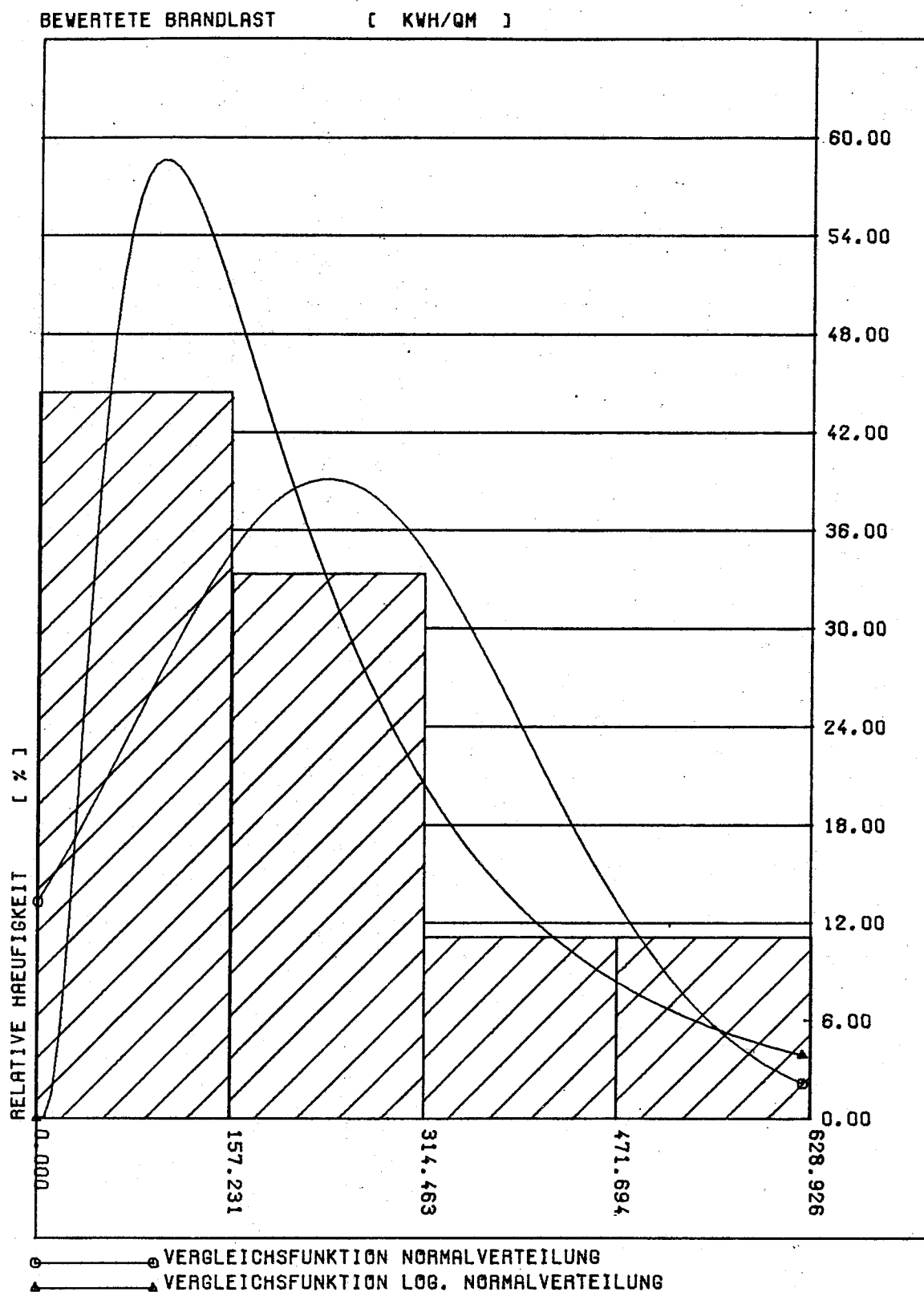
LAGERUNG BRENNBARER STOFFE > 150 KG/QM 3



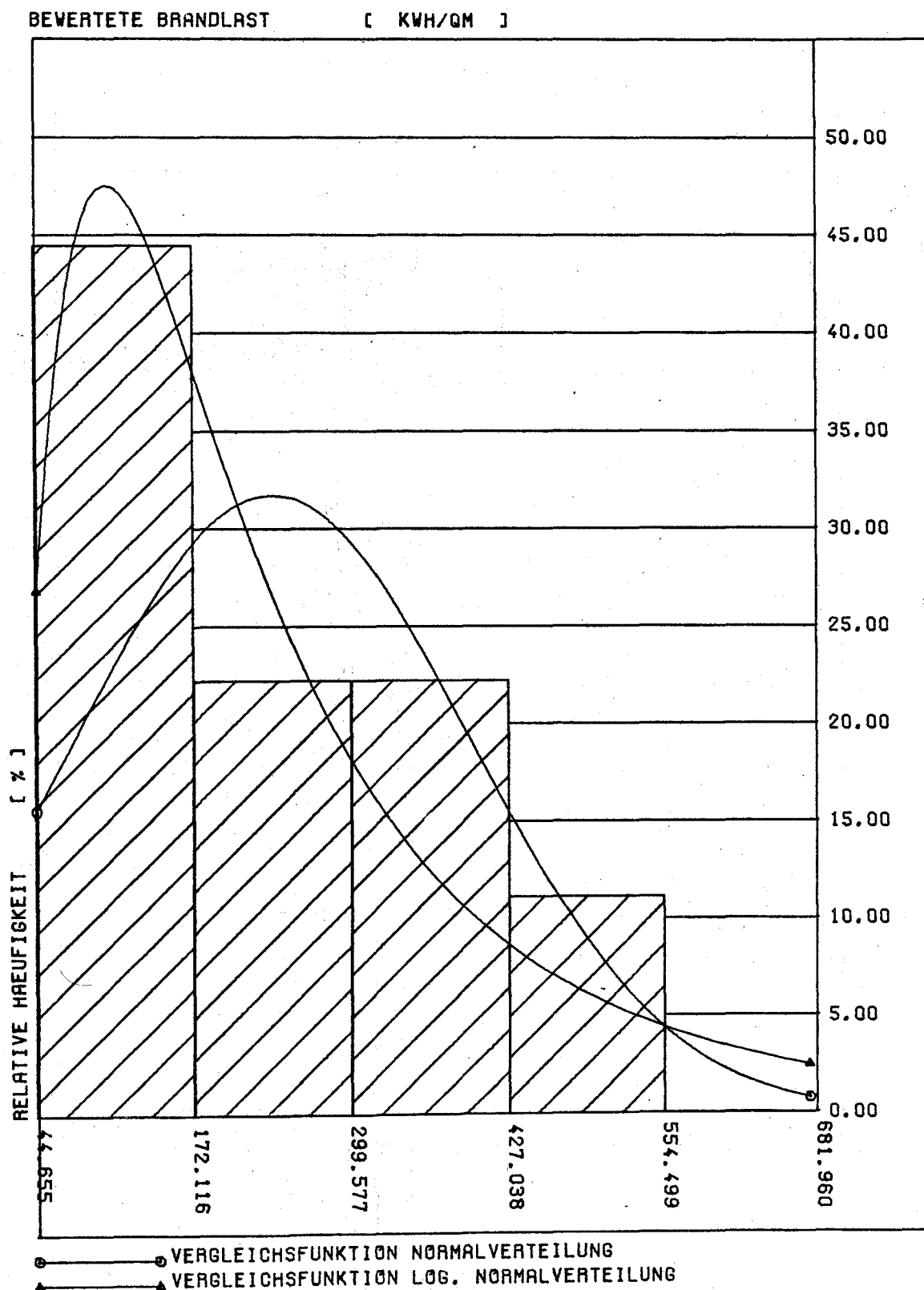
Anhang 5.2.3



Anhang 5.3.1

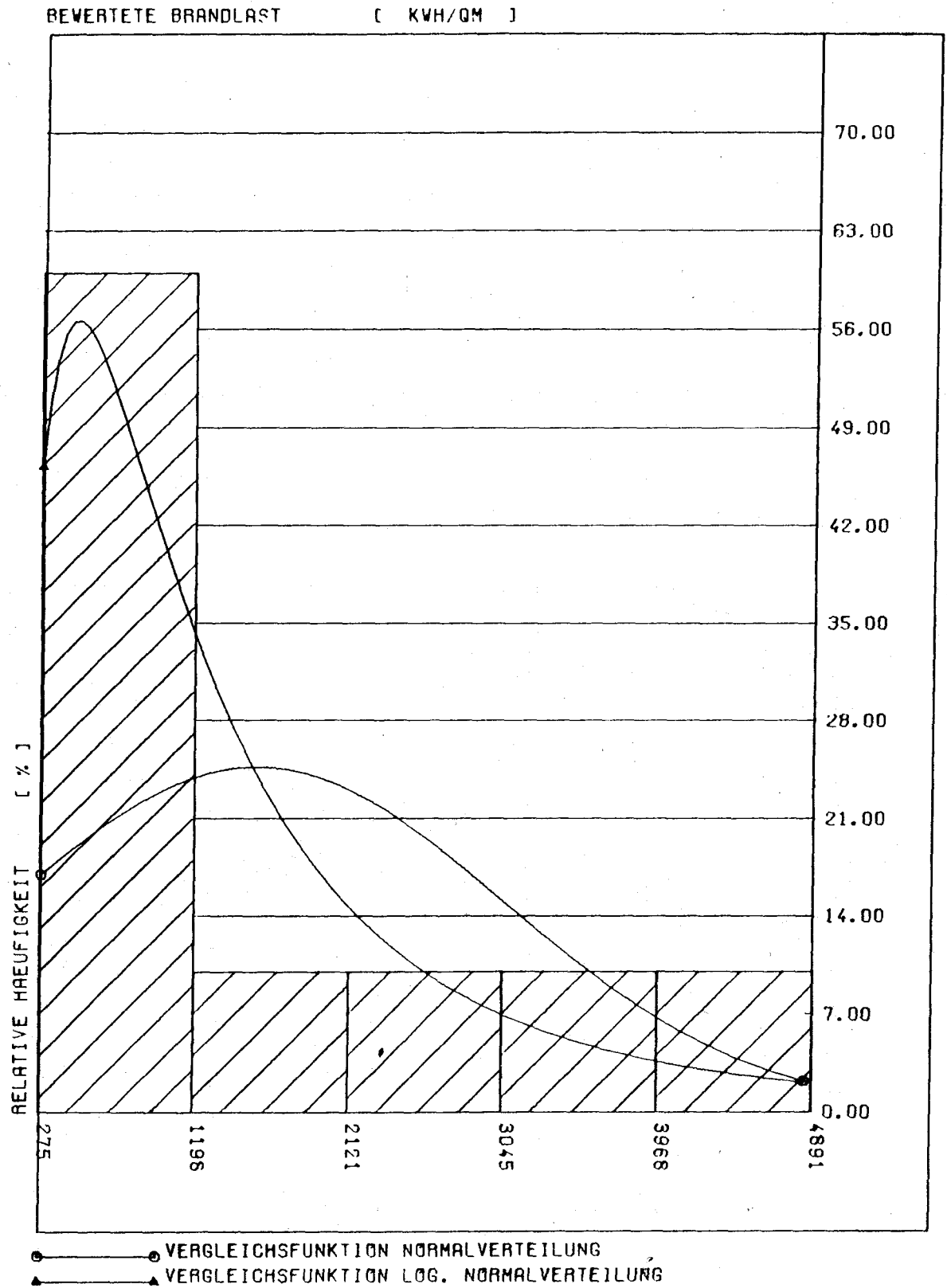


Anhang 5.3.2



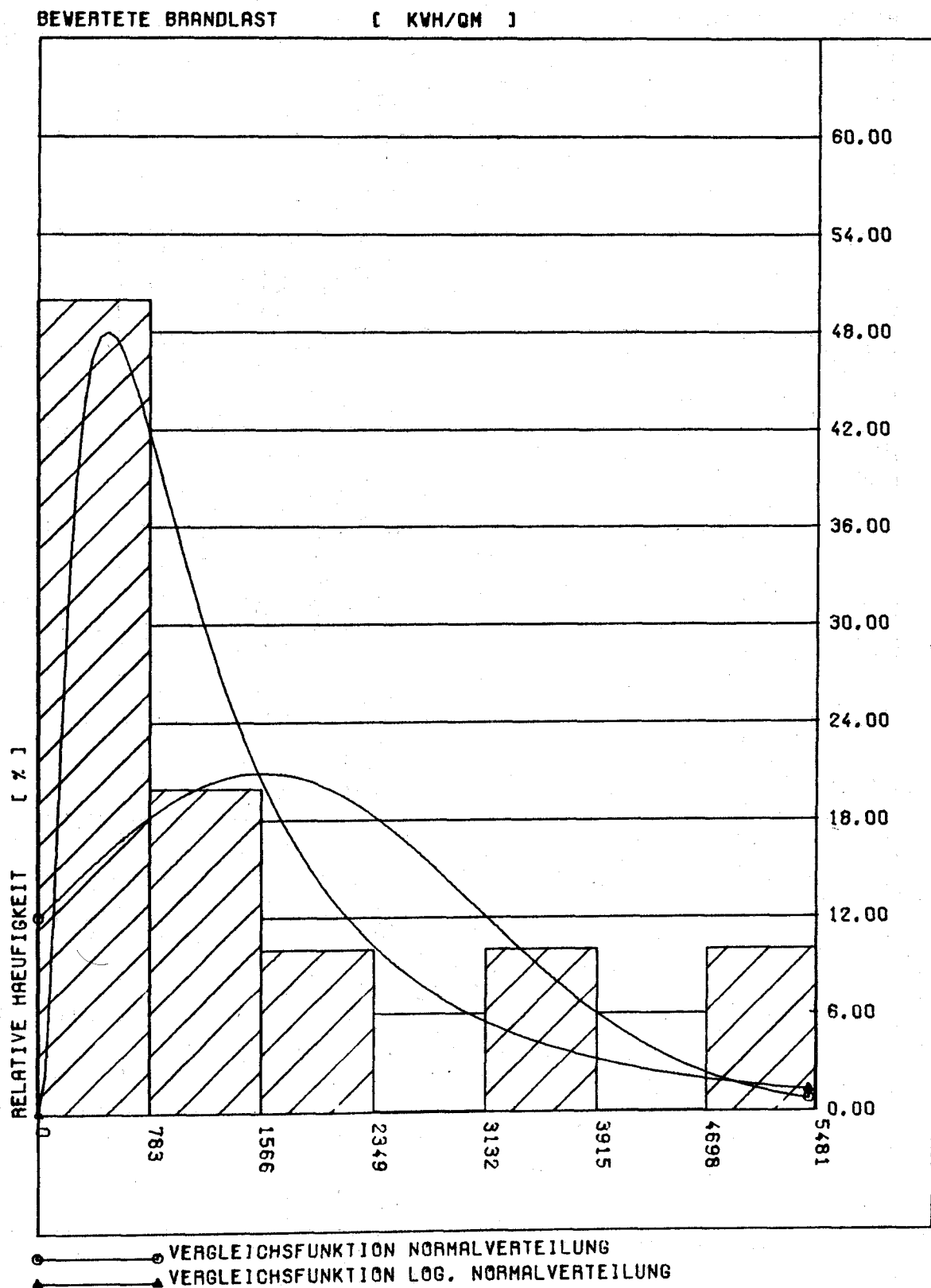
Anhang 5.3.3

1 NUTZUNGSART : 4



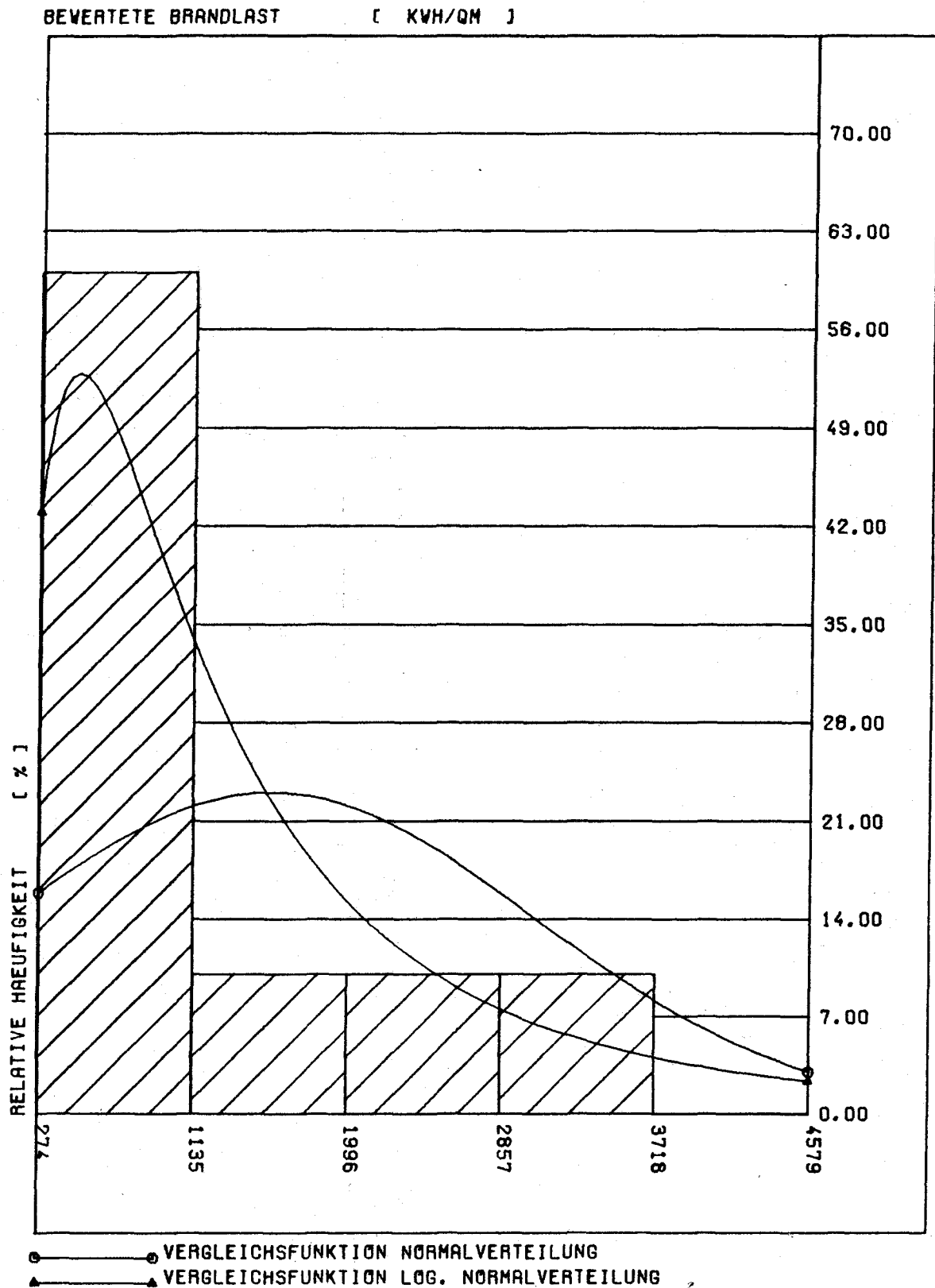
Anhang 5.4.1

2 NUTZUNGSART : 4



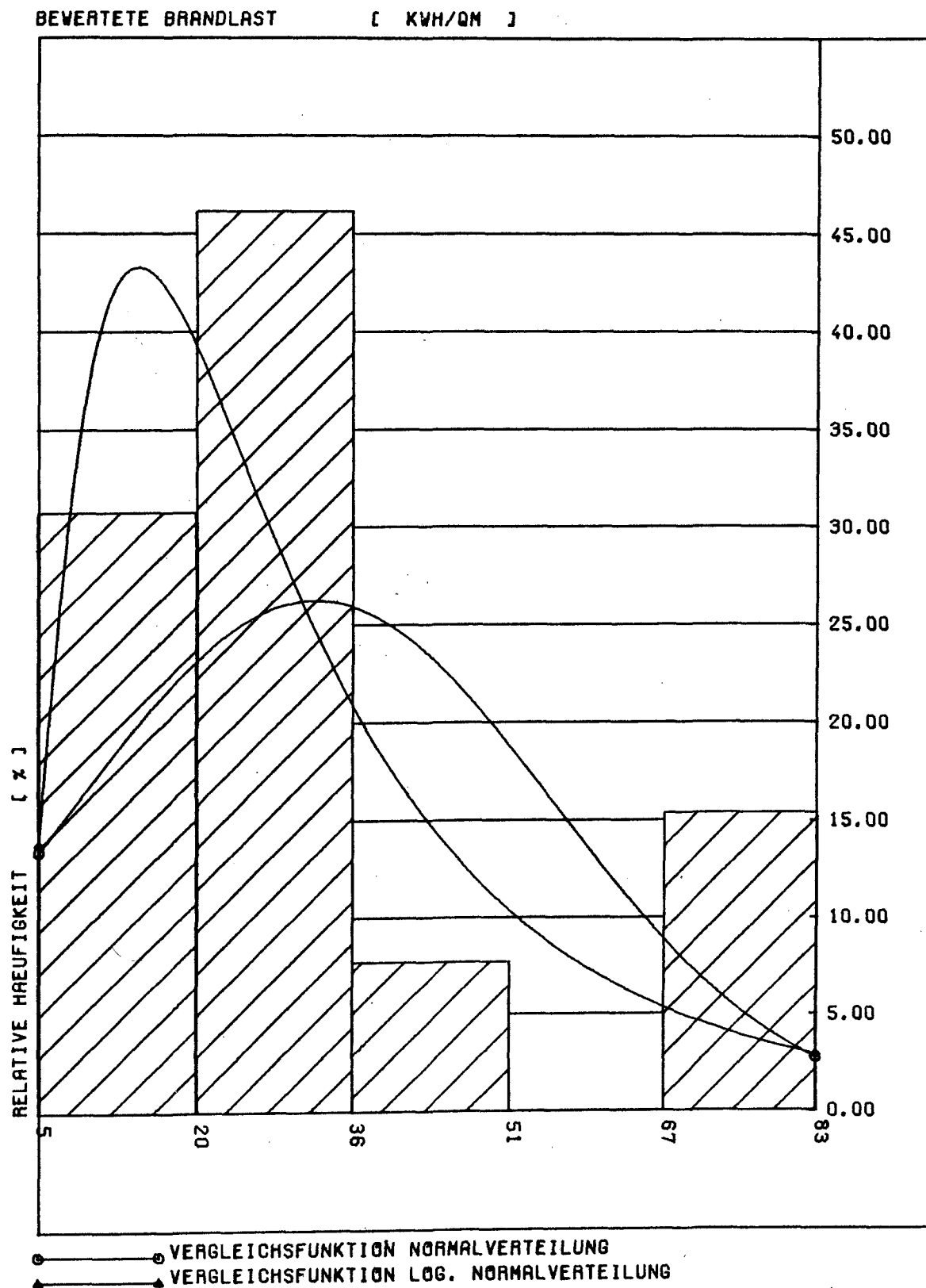
Anhang 5.4.2

3 NUTZUNGSART • 4



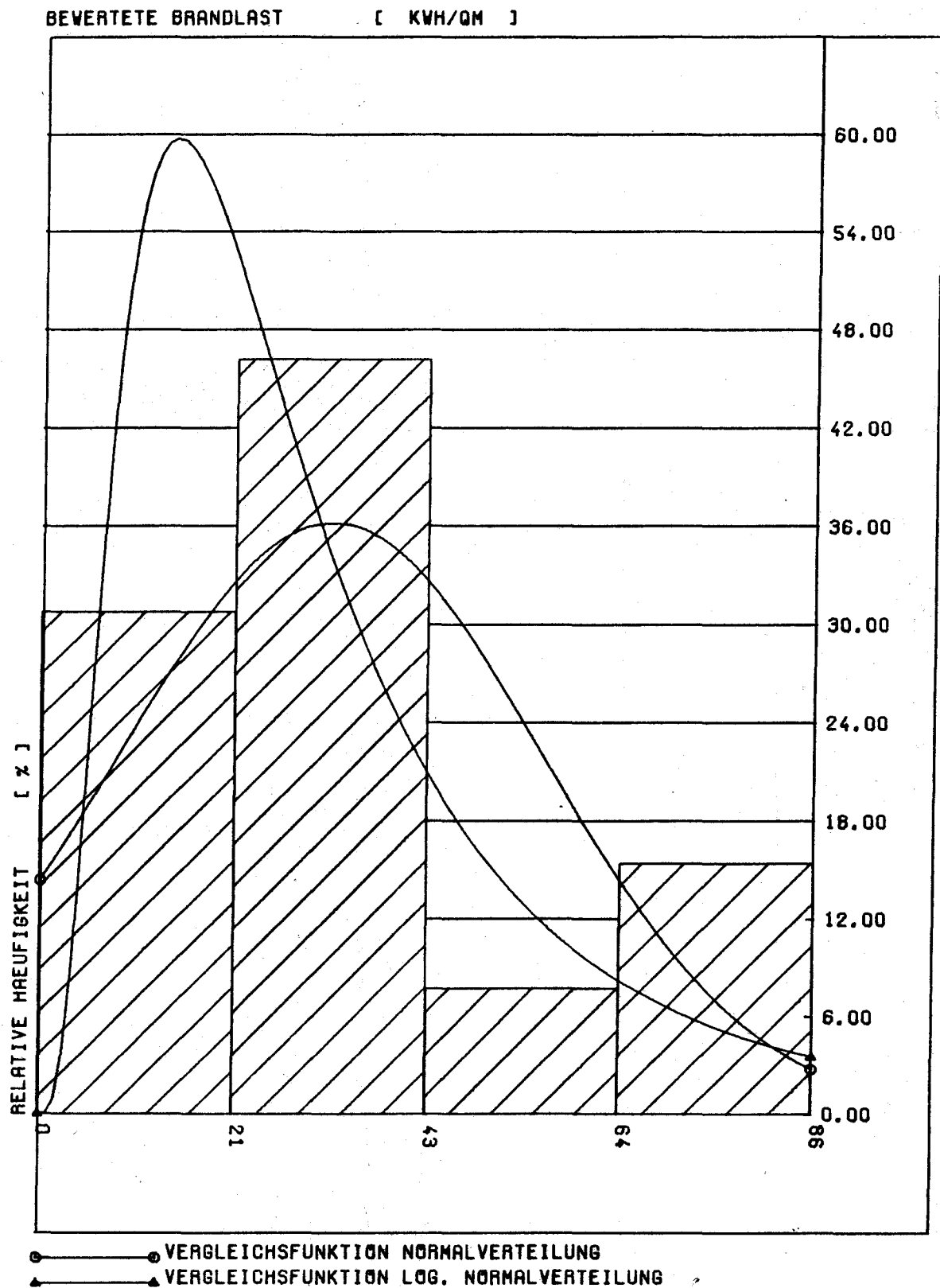
Anhang 5.4.3

1 NUTZUNGSART : 5



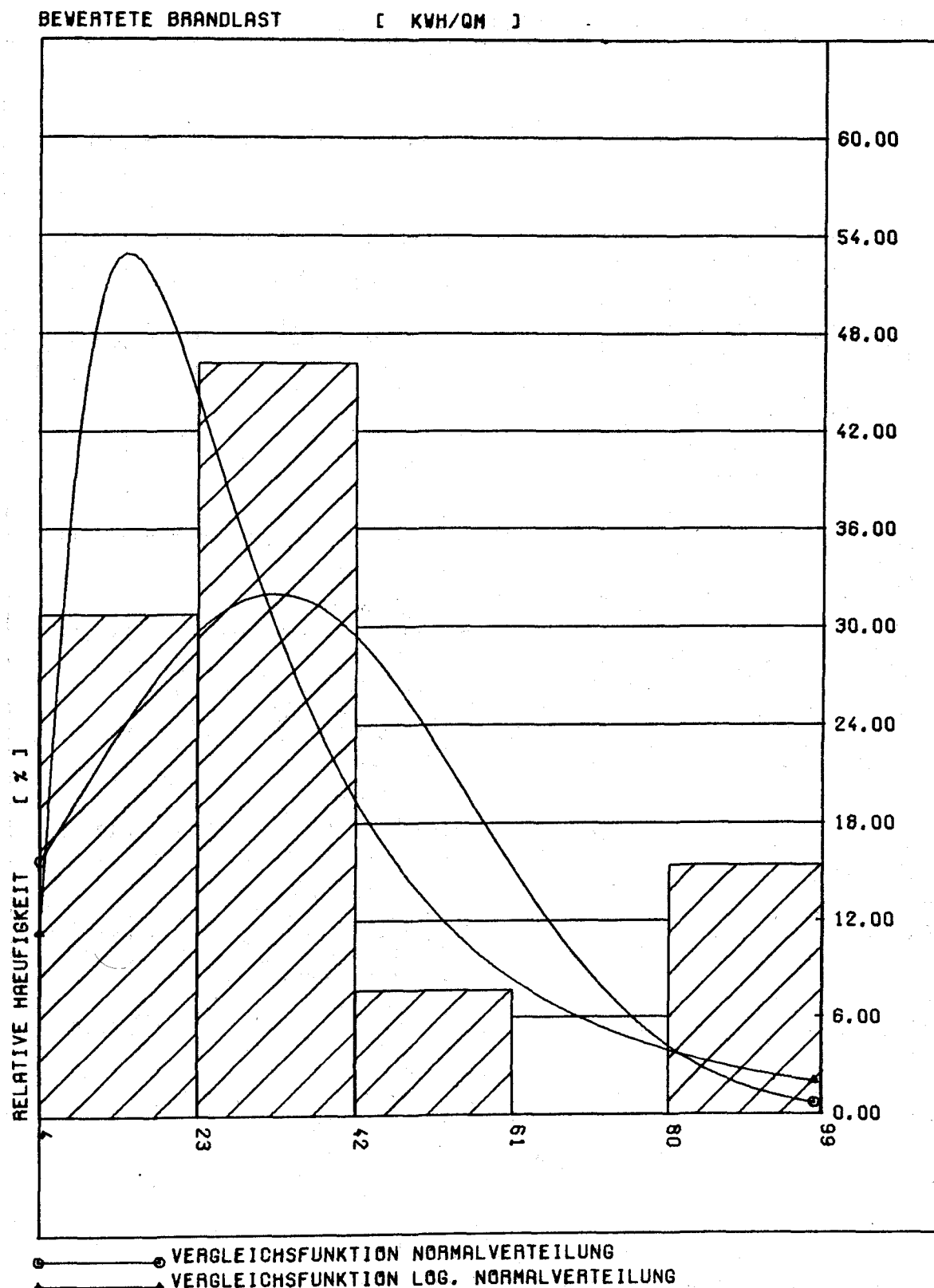
Anhang 5.5.1

2 NUTZUNGSART , 5



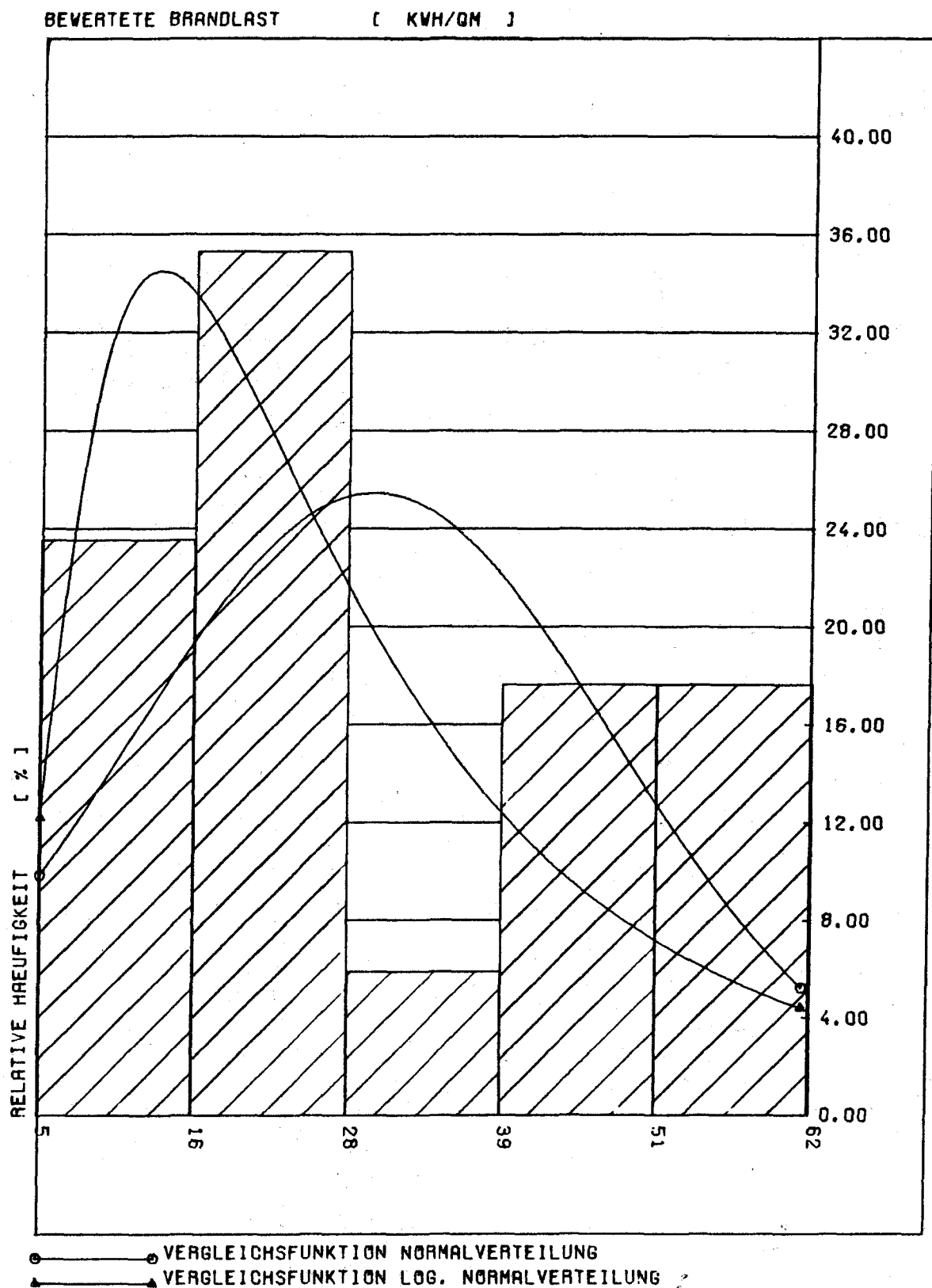
Anhang 5.5.2

3 NUTZUNGSART : 5



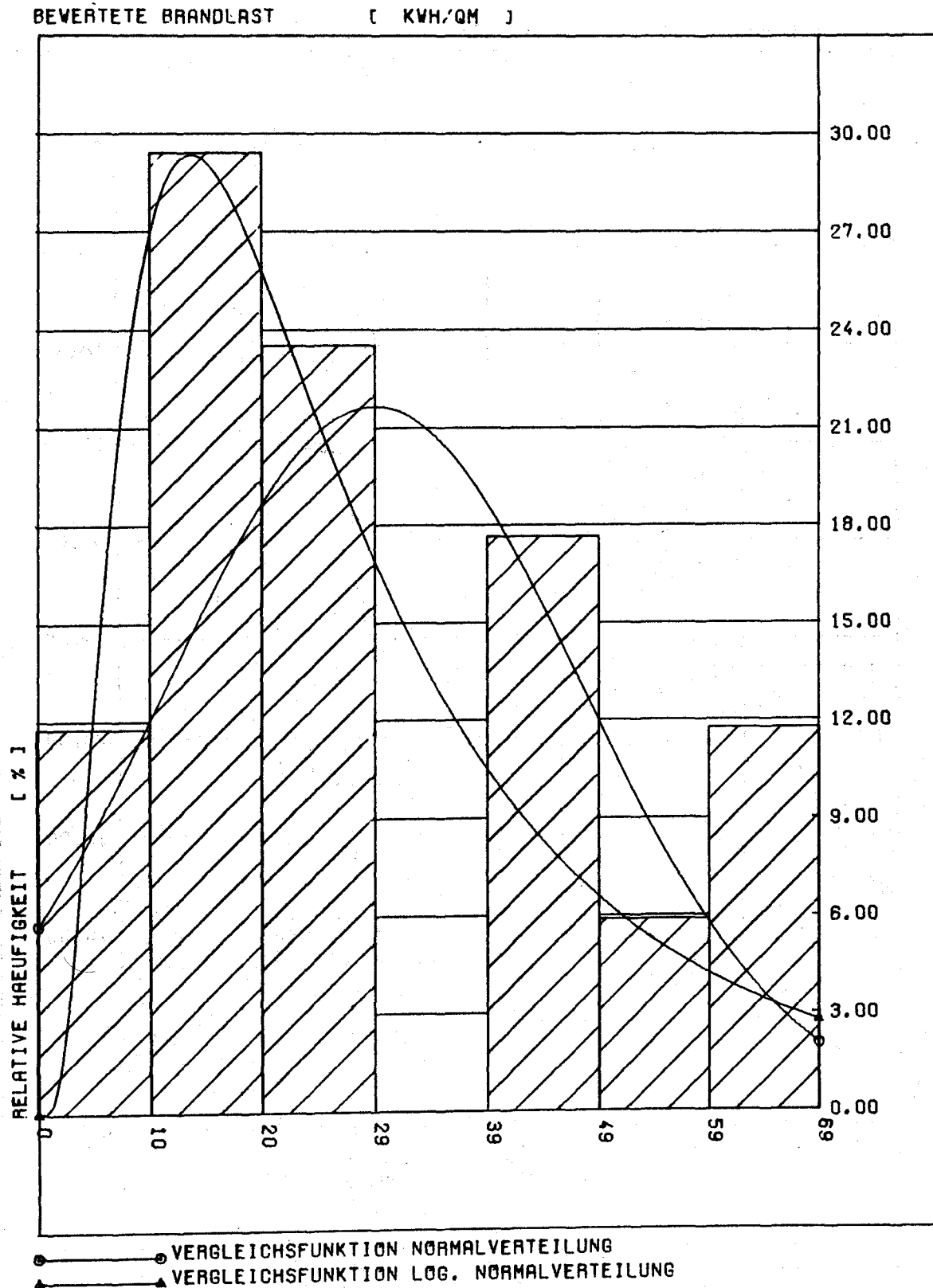
Anhang 5.5.3

MONTAGE STRASSEN U. SCHIENENFAHRZEUGEN 1

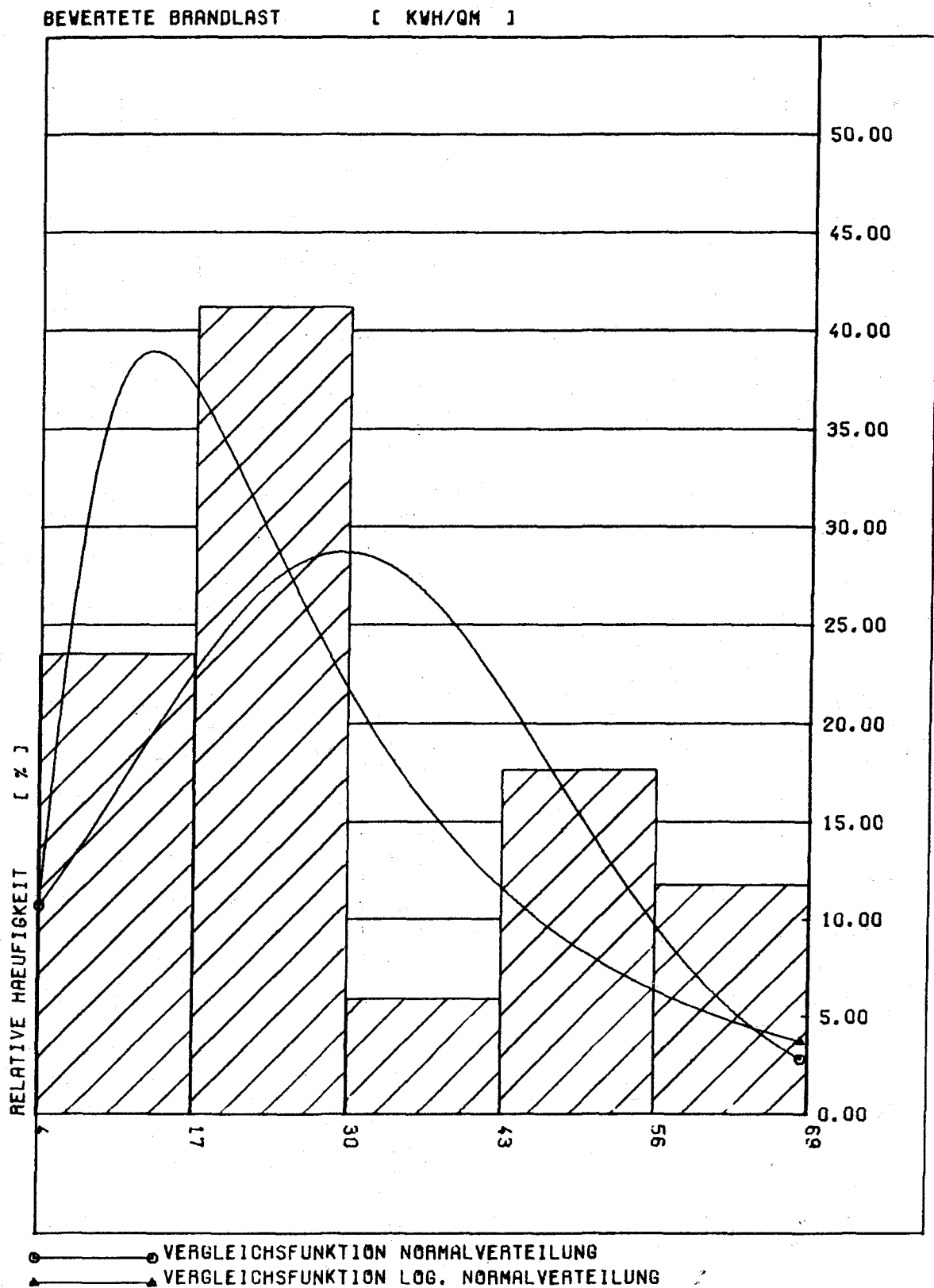


Anhang 5.6.1

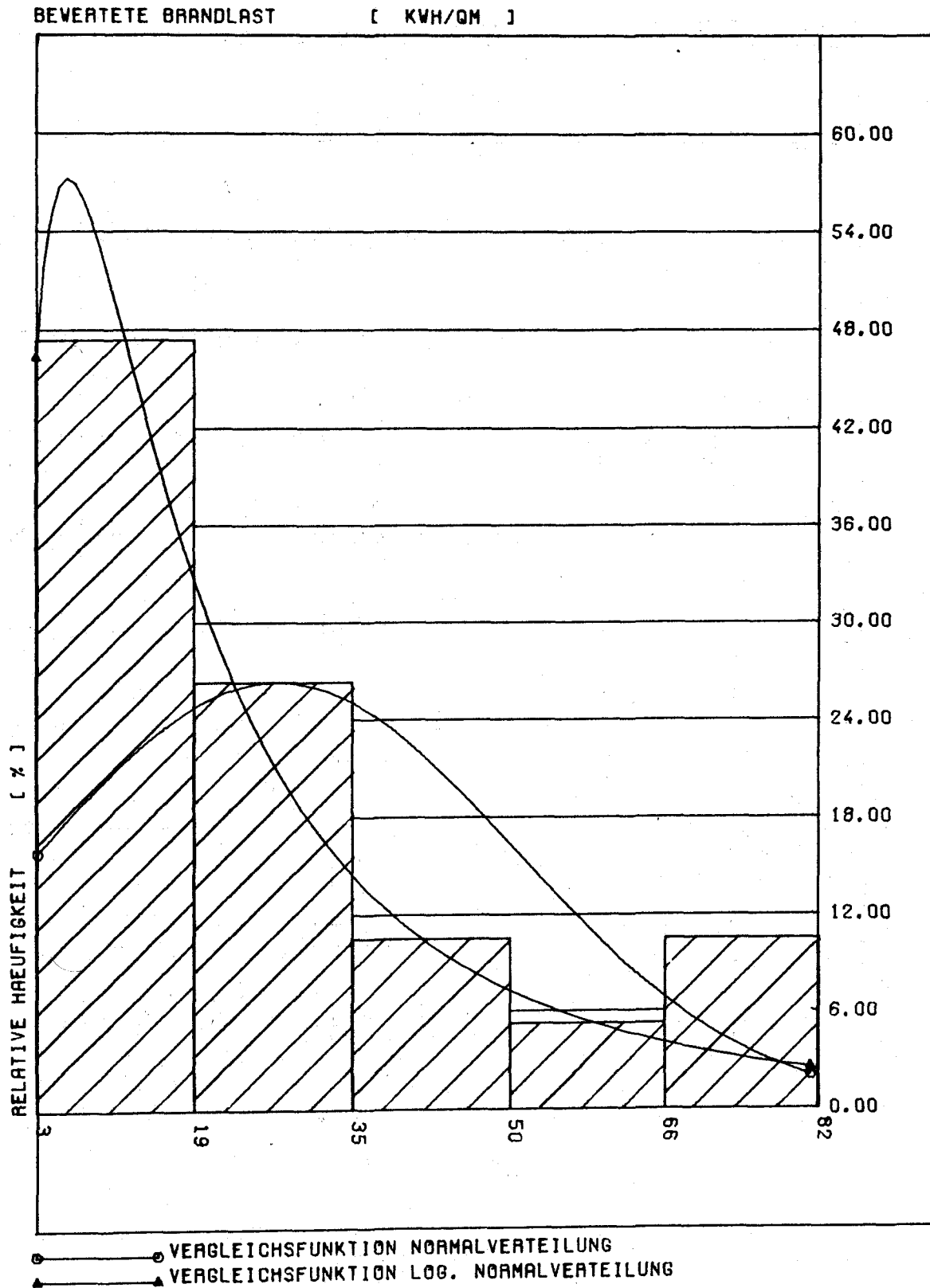
MONTAGE STRASSEN V. SCHIENENFAHRZEUGEN 2



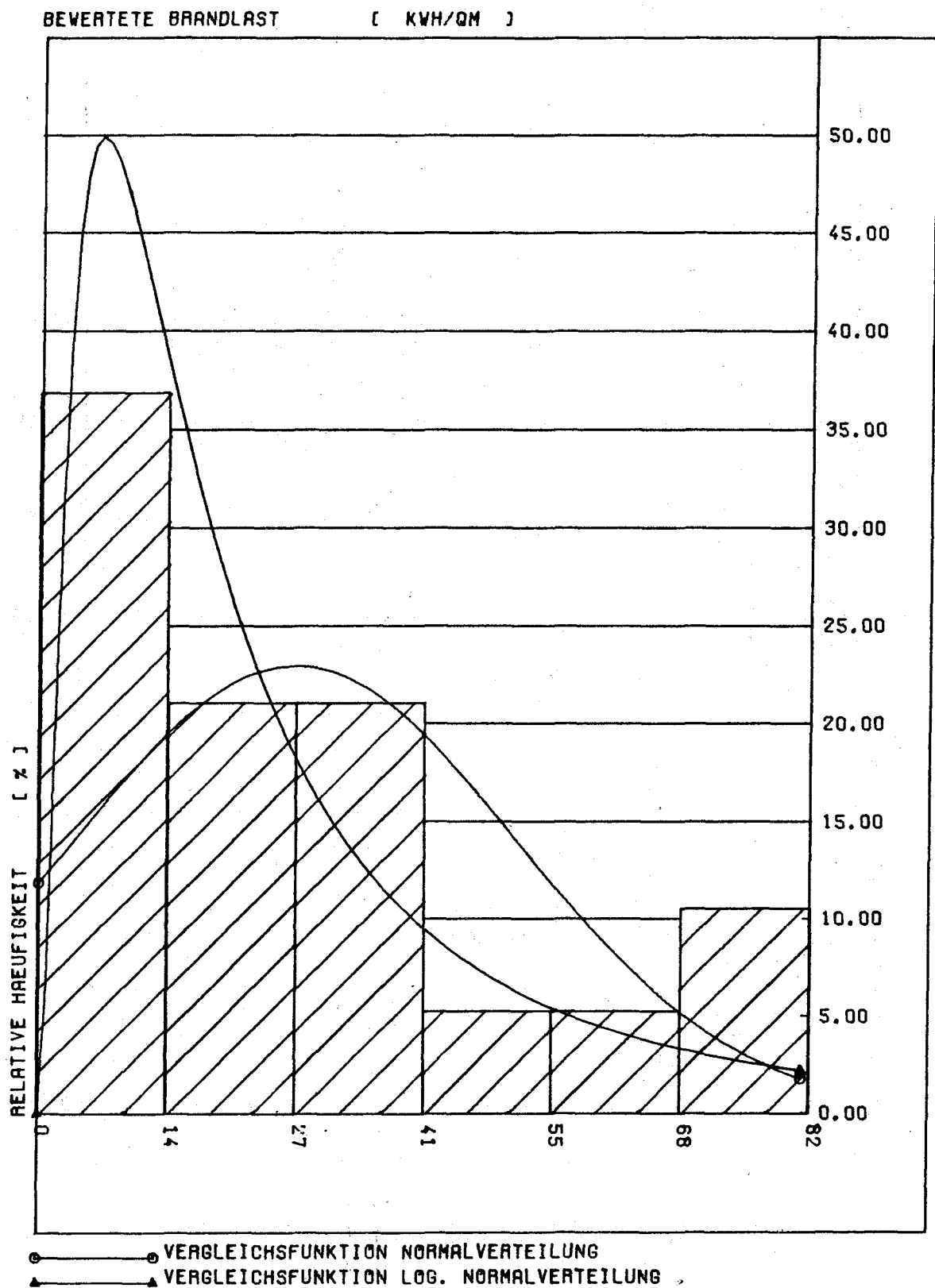
Anhang 5.6.2



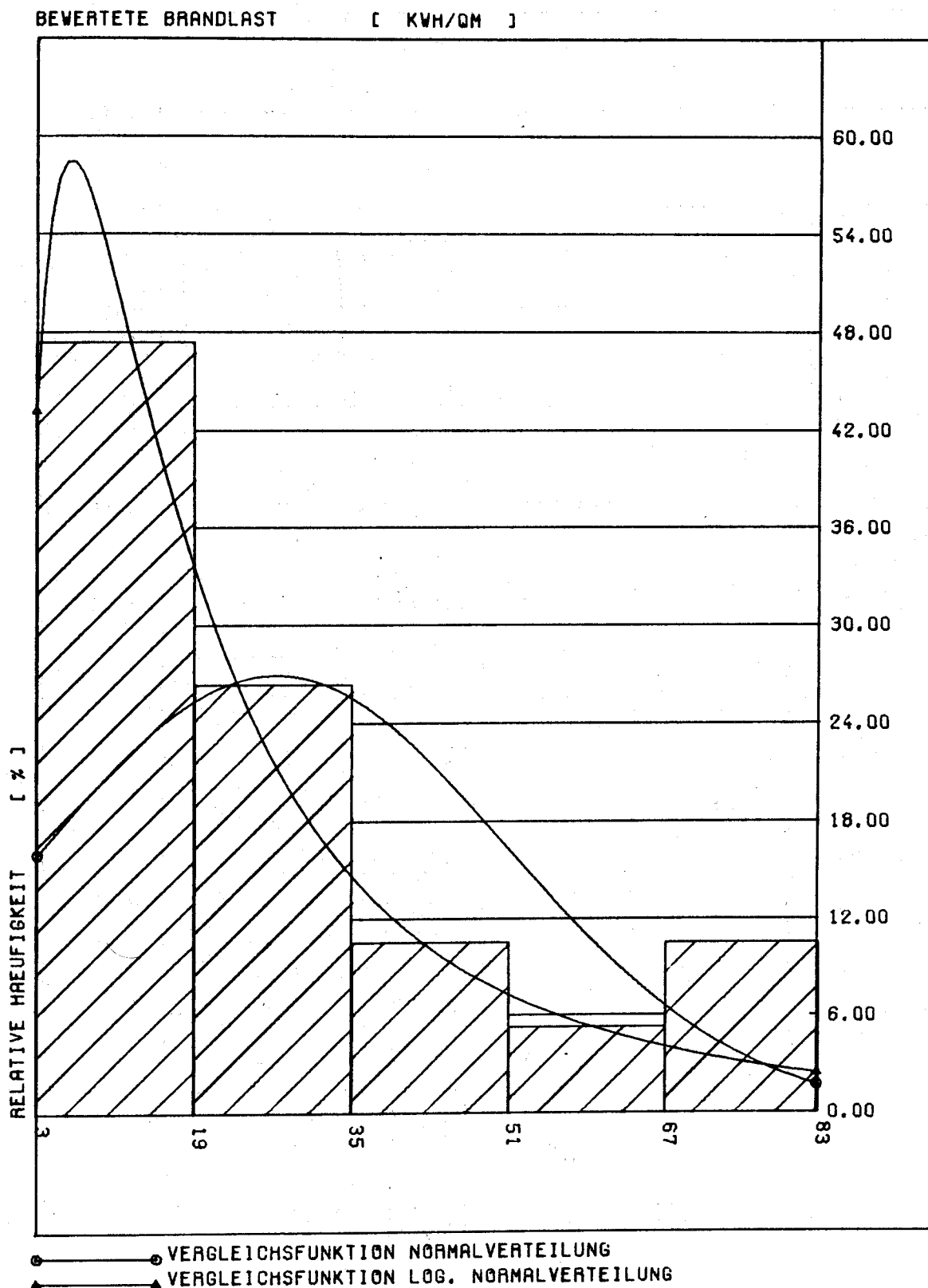
Anhang 5.6.3



Anhang 5.7.1

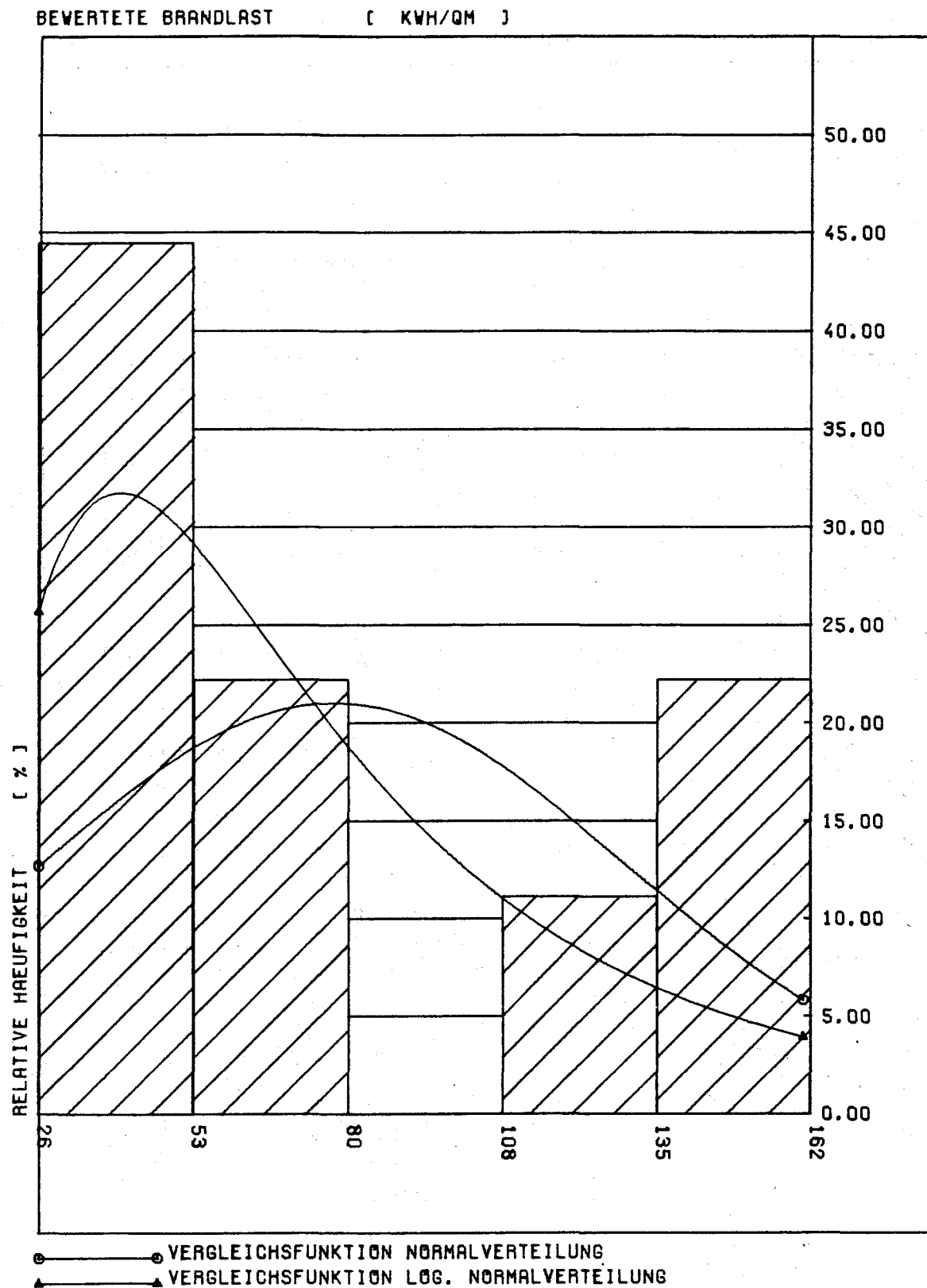


Anhang 5.7.2



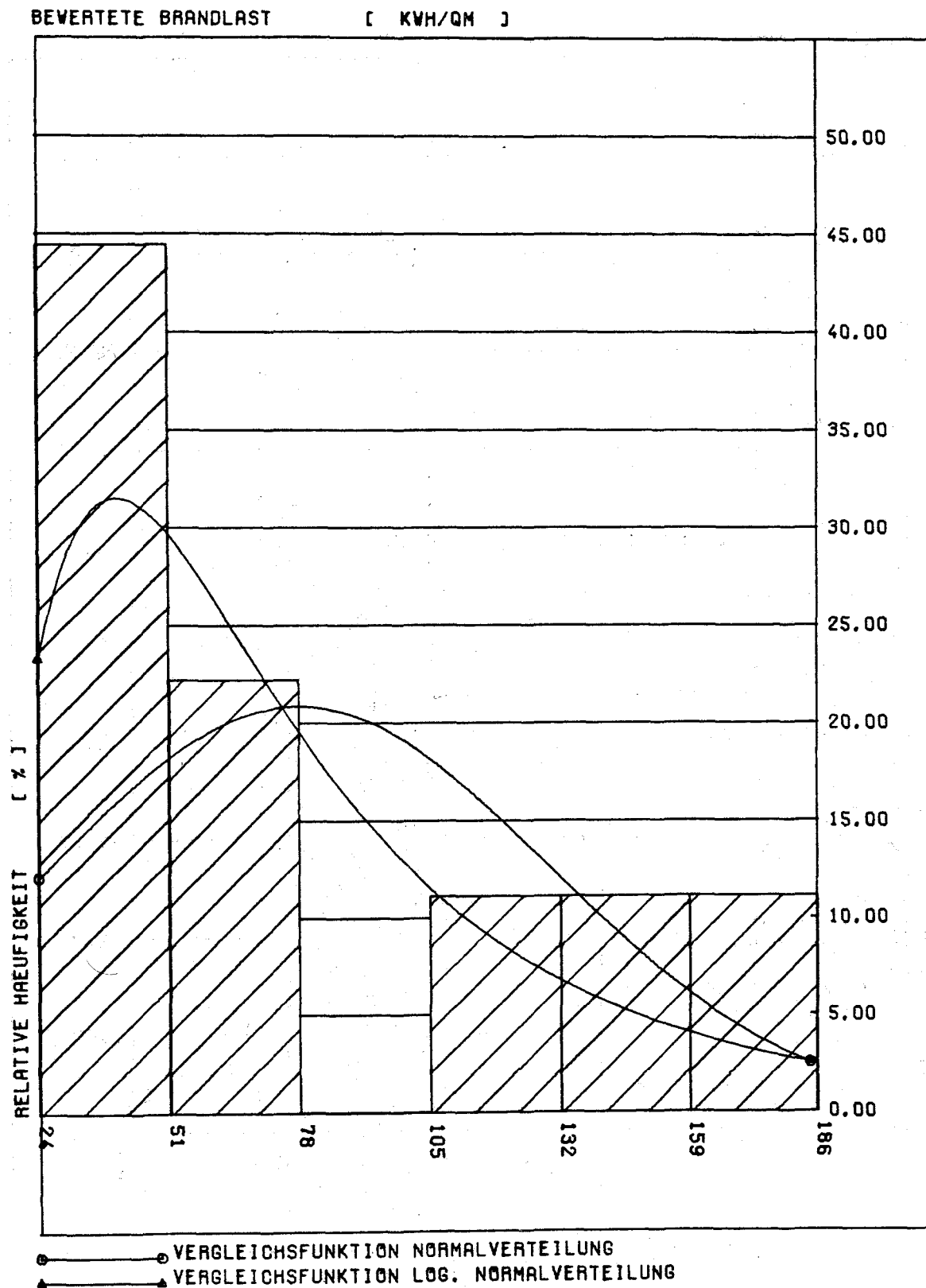
Anhang 5.7.3

VERARBEITUNG VON HOLZ UND KUNSTSTOFFEN 1



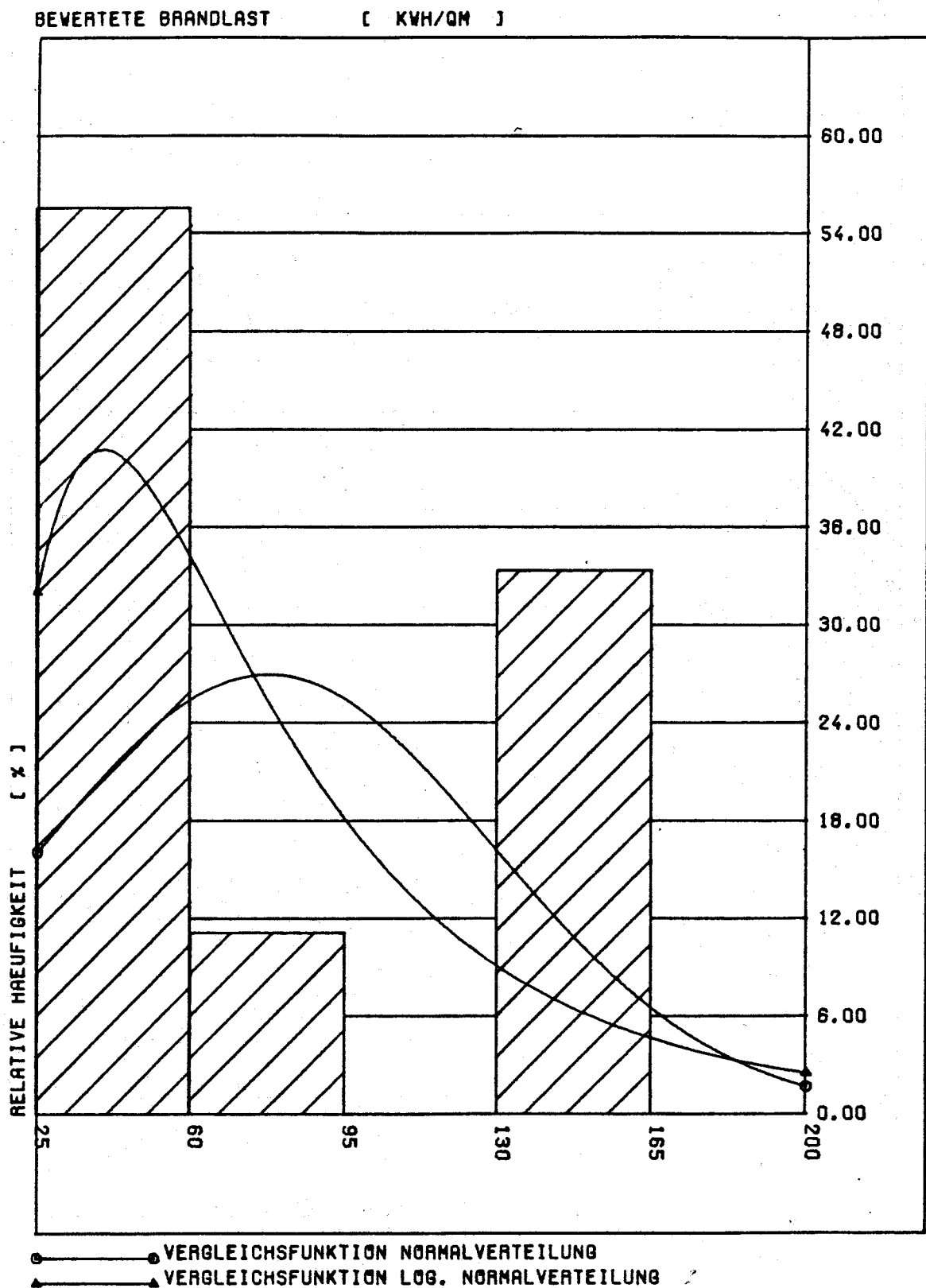
Anhang 5.8.1

VERARBEITUNG VON HOLZ UND KUNSTSTOFFEN 2



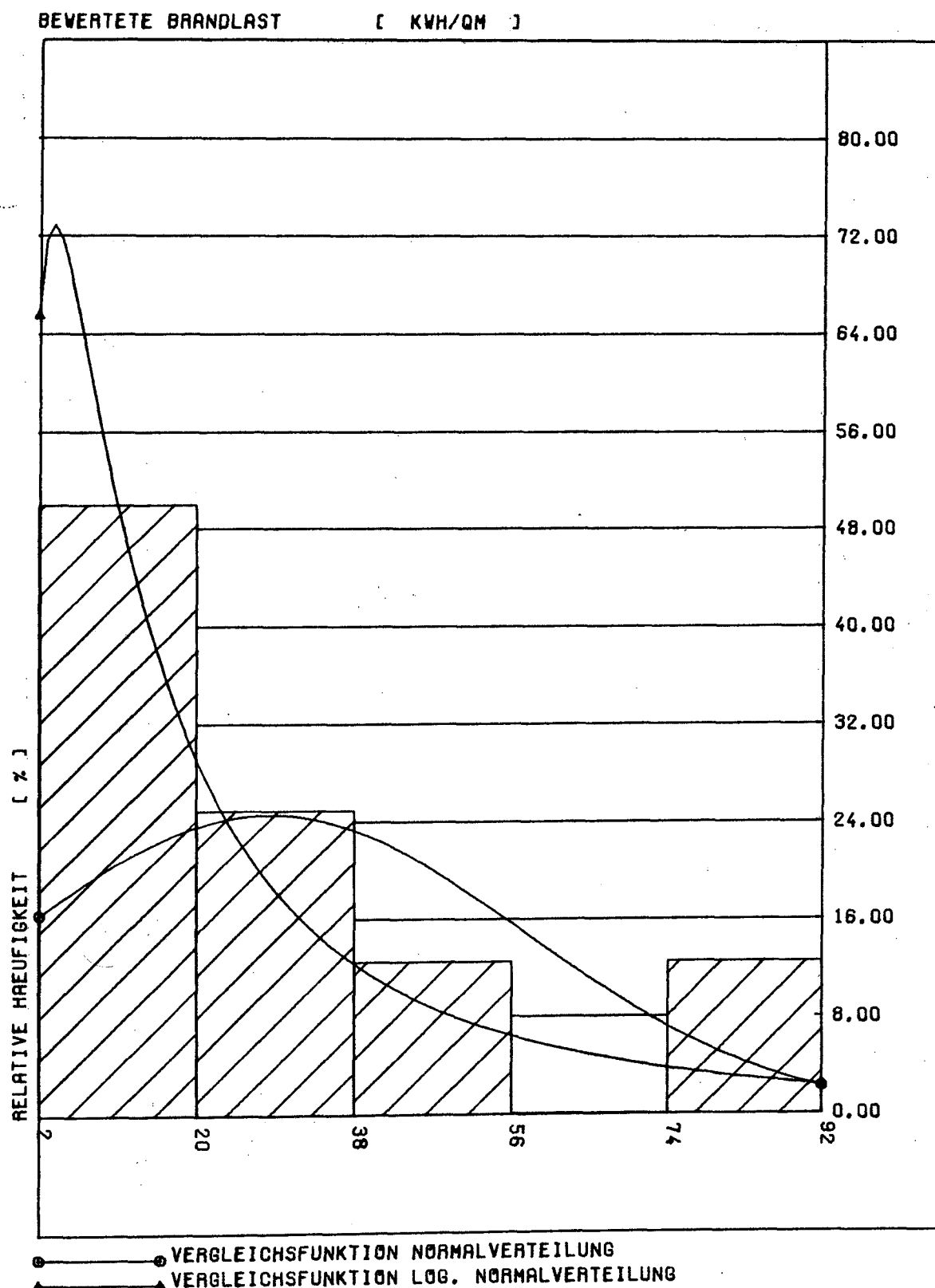
Anhang 5.8.2

VERARBEITUNG VON HOLZ UND KUNSTSTOFFEN 3



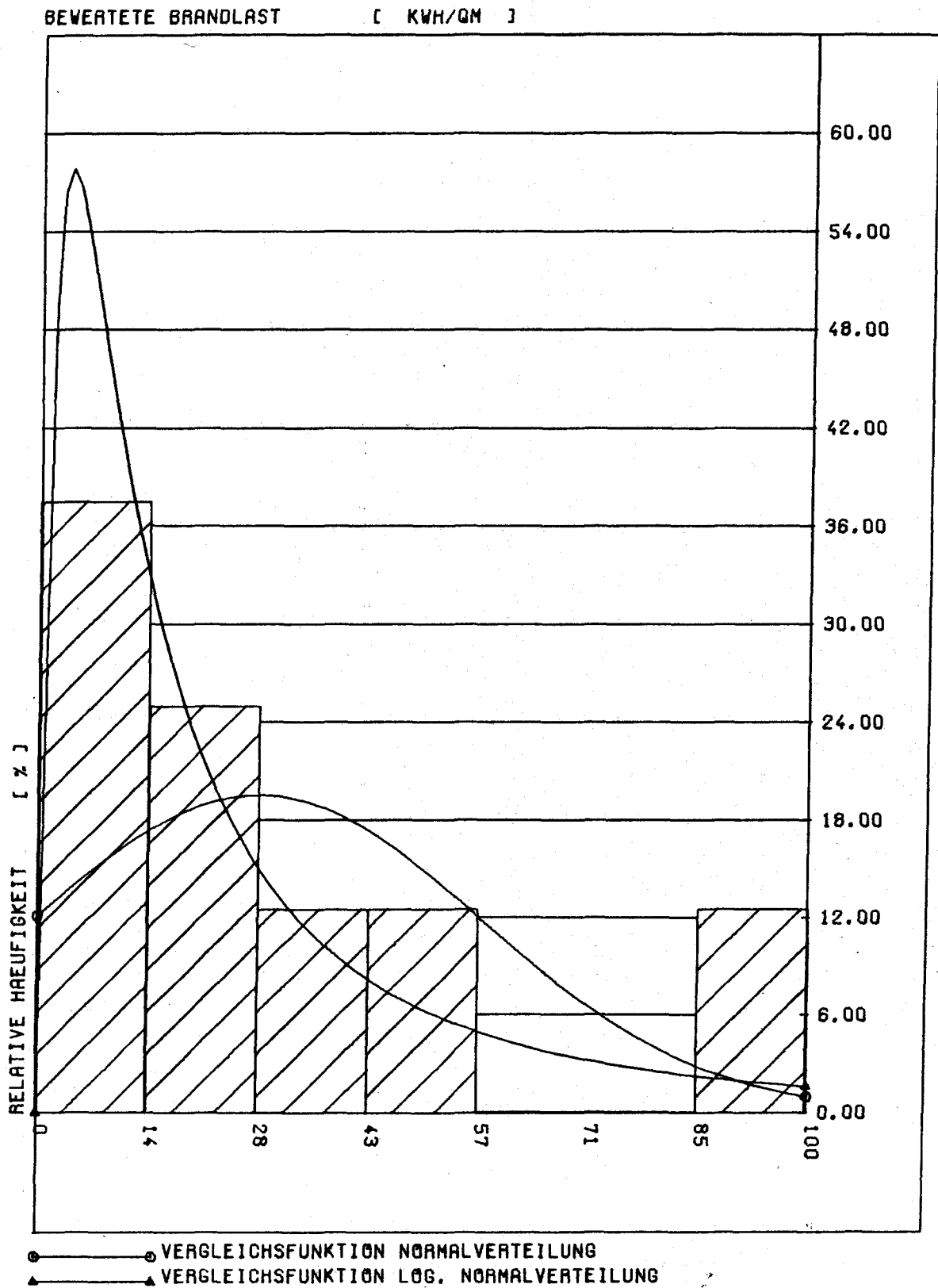
Anhang 5.8.3

HERST. VON TEILEN AUS METALLWERKSTOFFEN 1

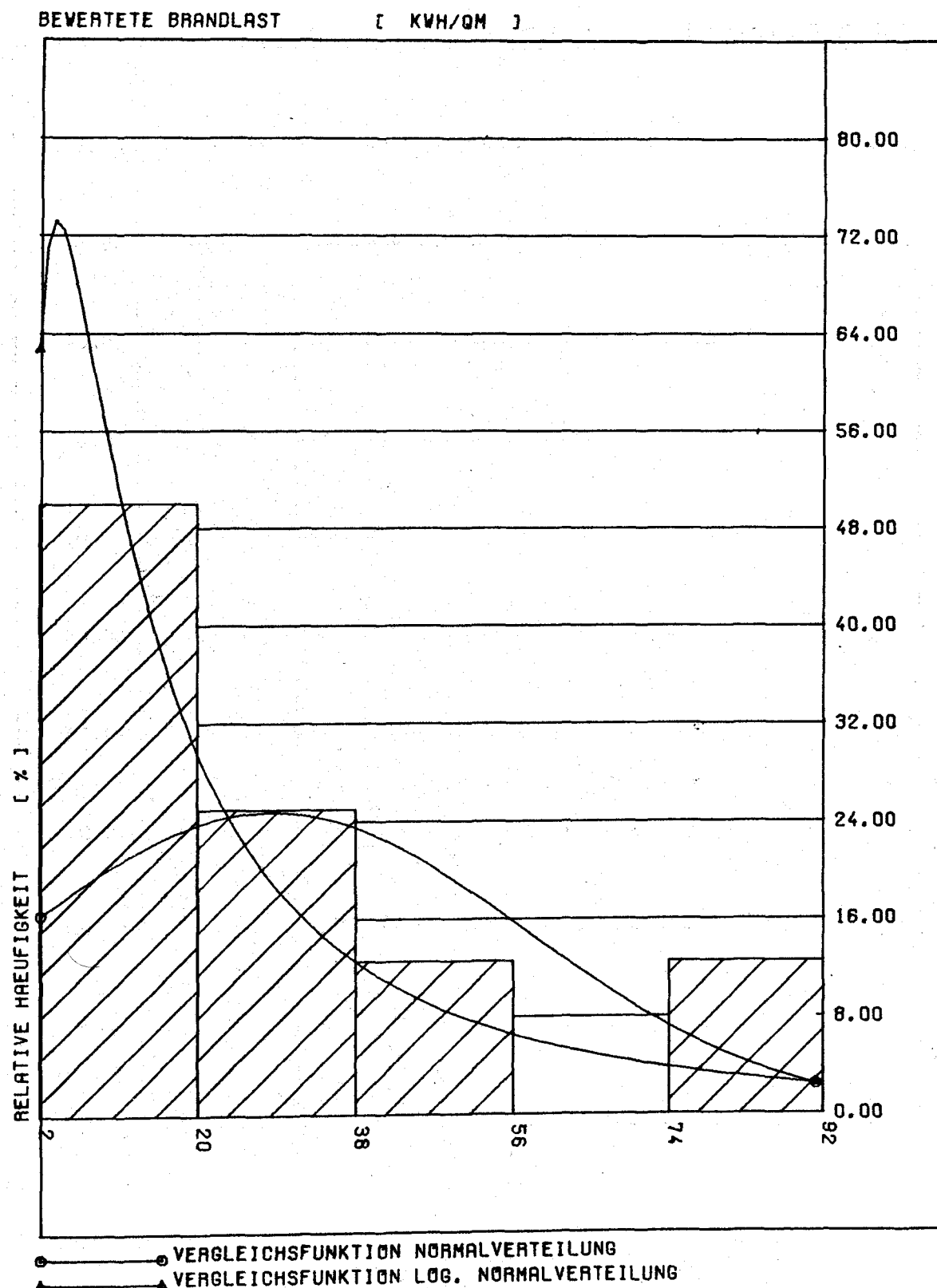


Anhang 5.9.1

HERST. VON TEILEN AUS METALLWERKSTOFFEN 2

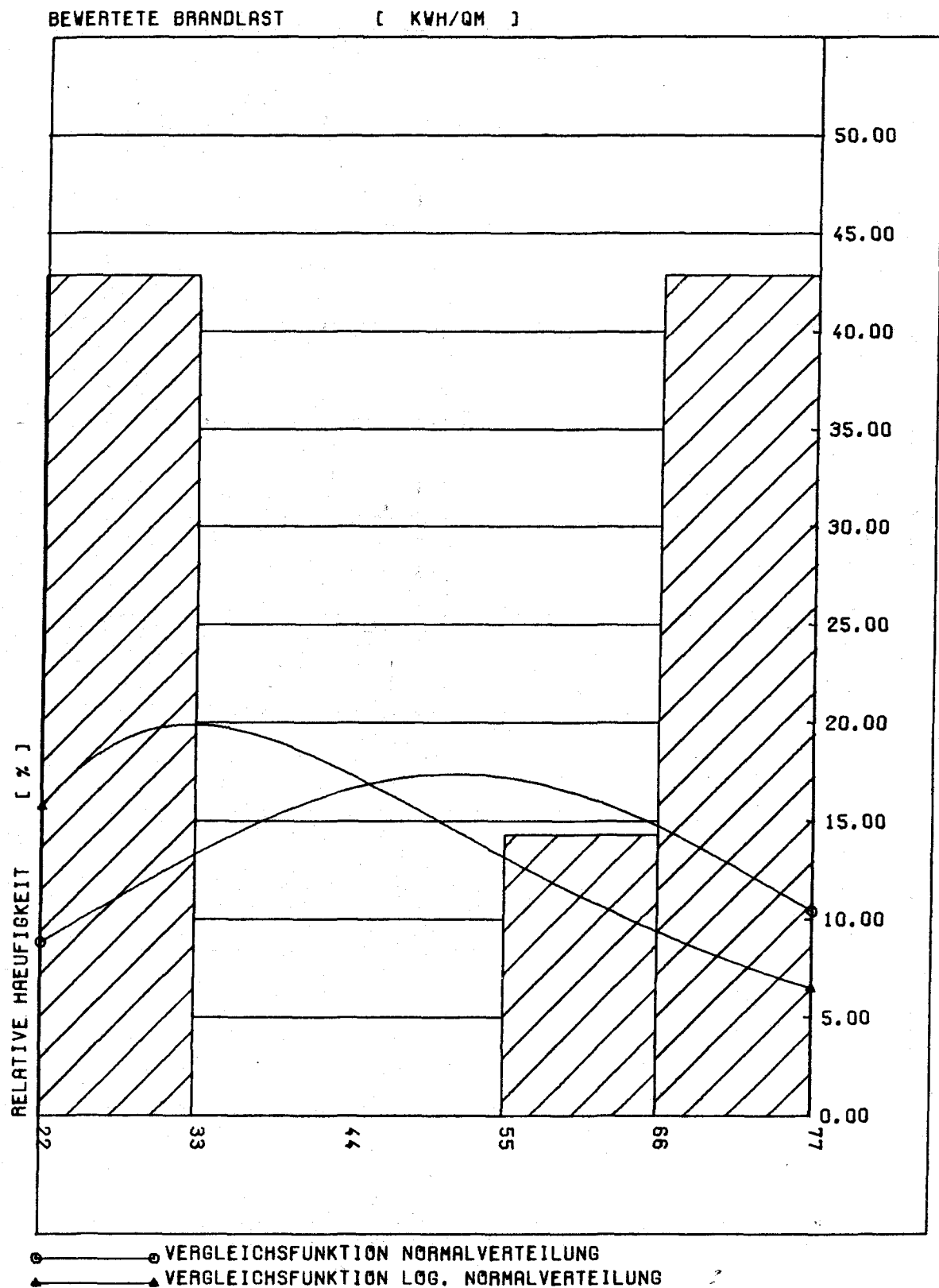


HERST. VON TEILEN AUS METALLWERKSTOFFEN 3

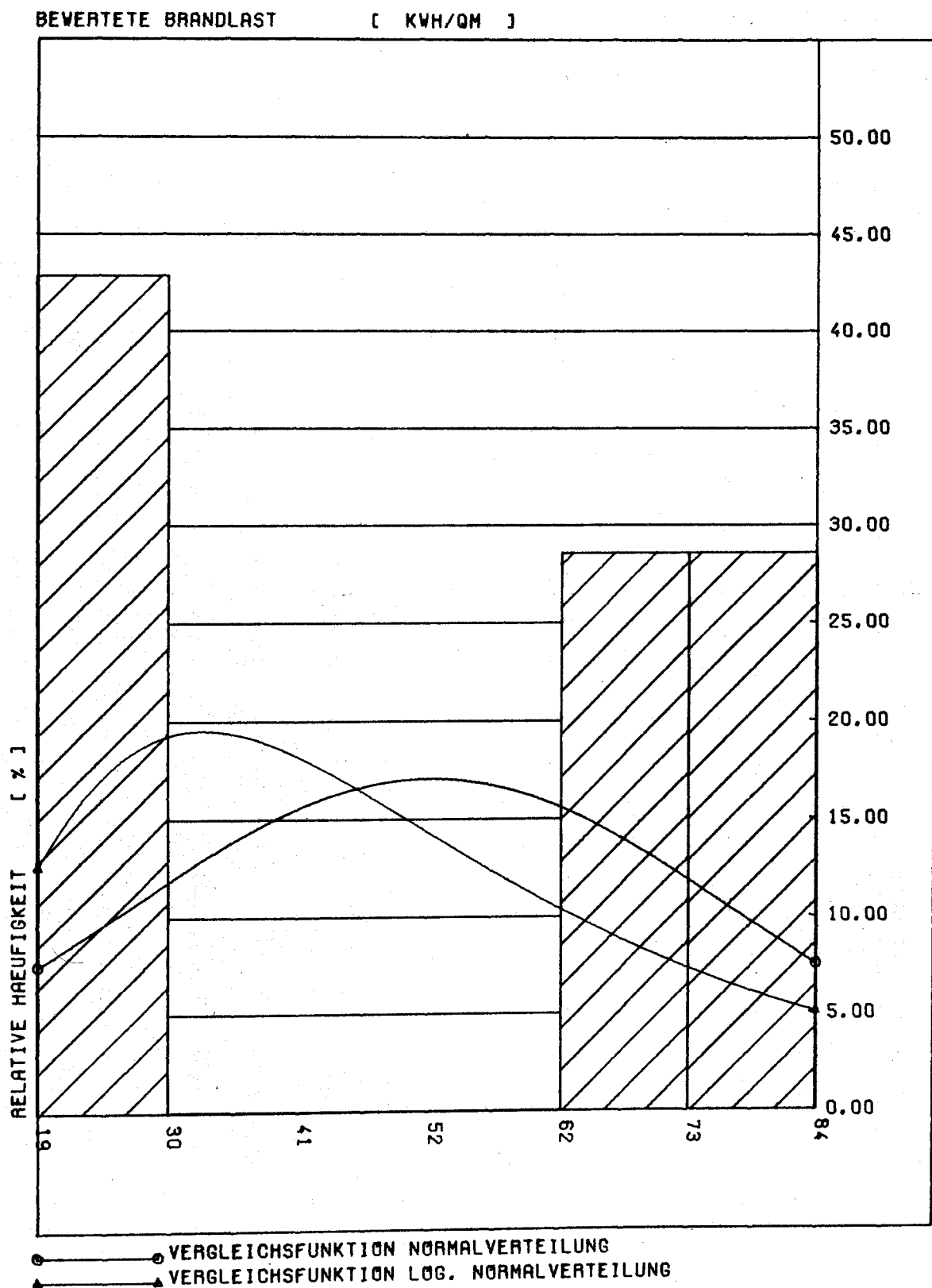


Anhang 5.9.3

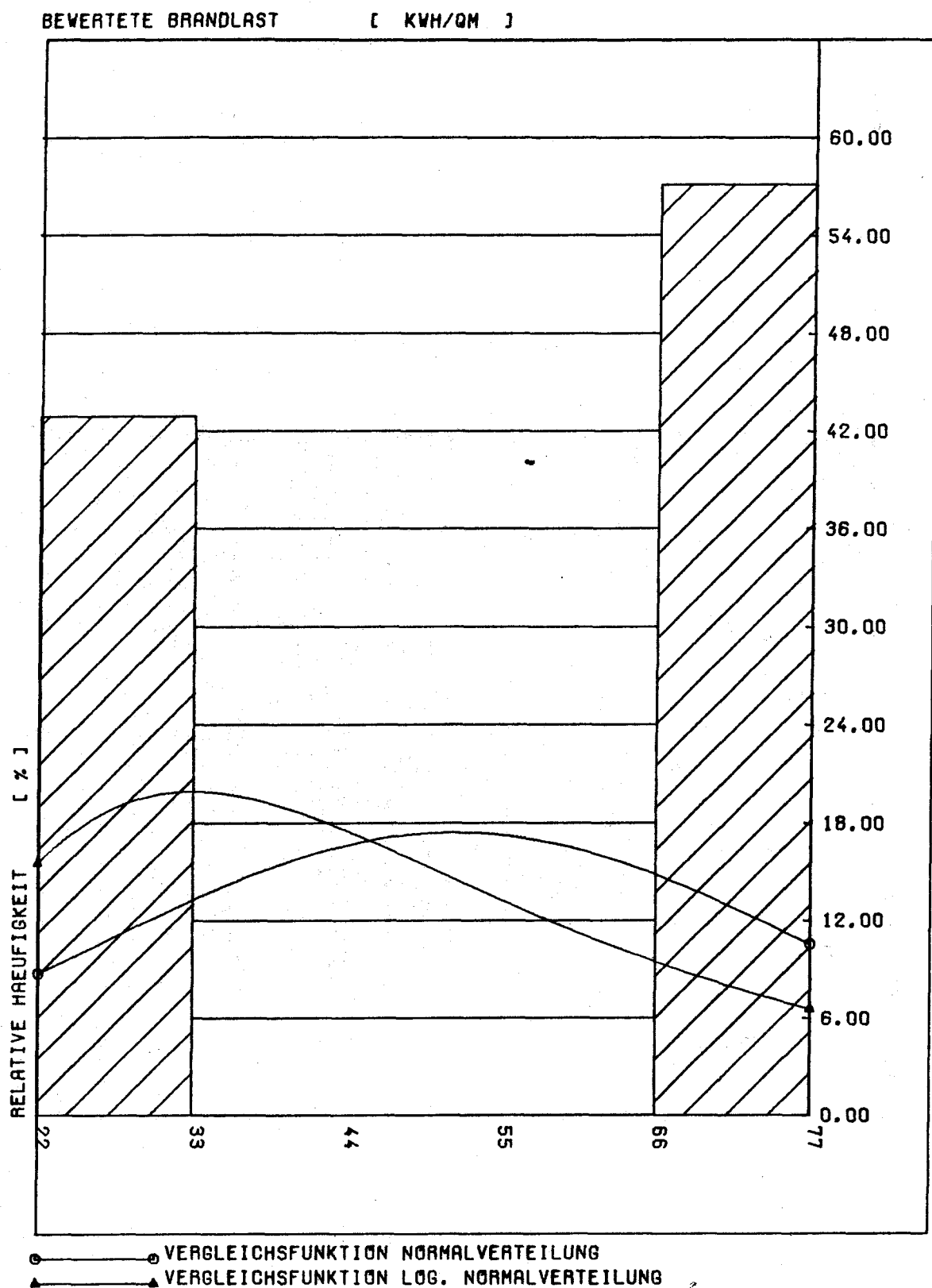
1 NUTZUNGSART • 10



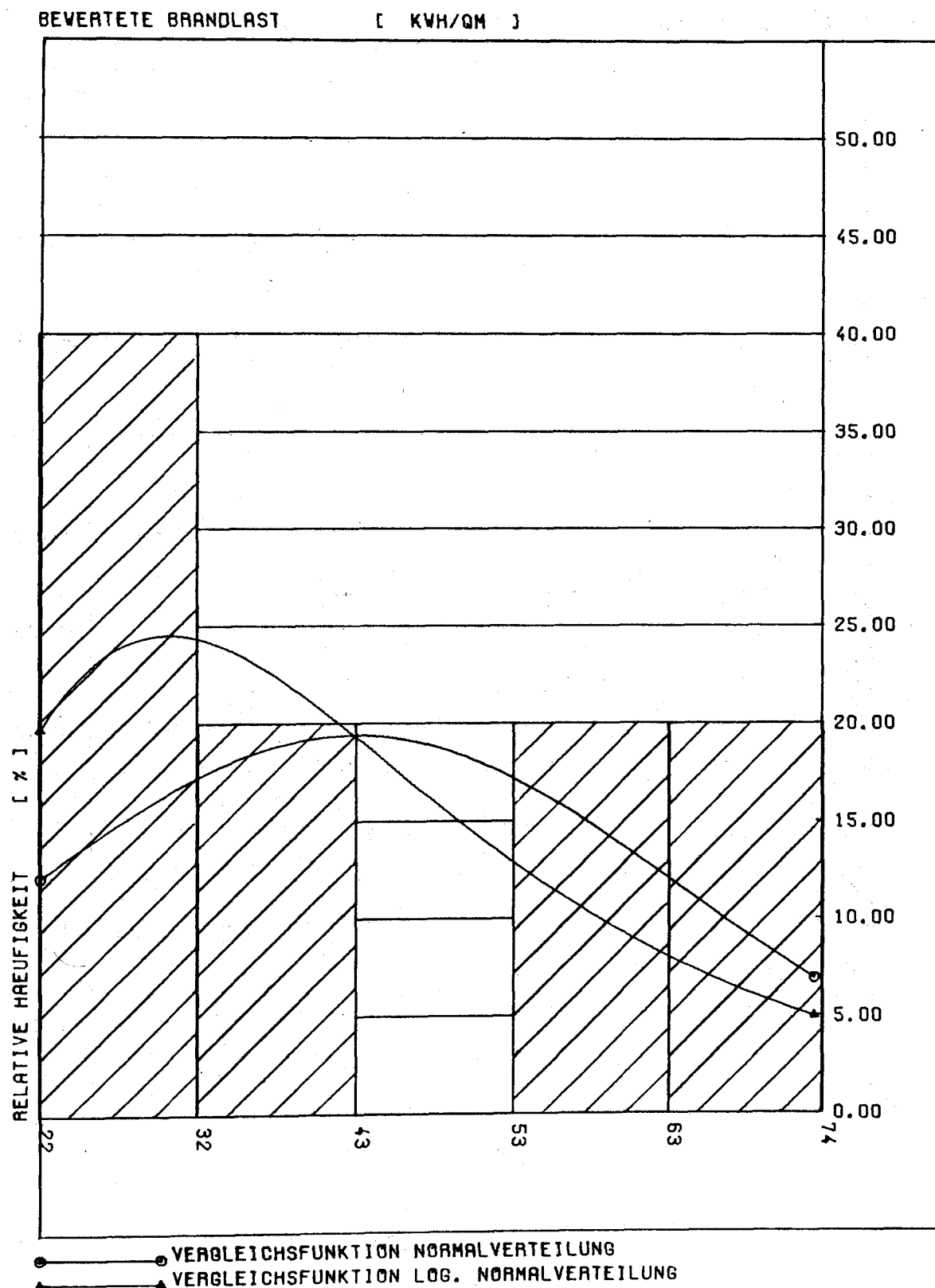
2 NUTZUNGSART : 10

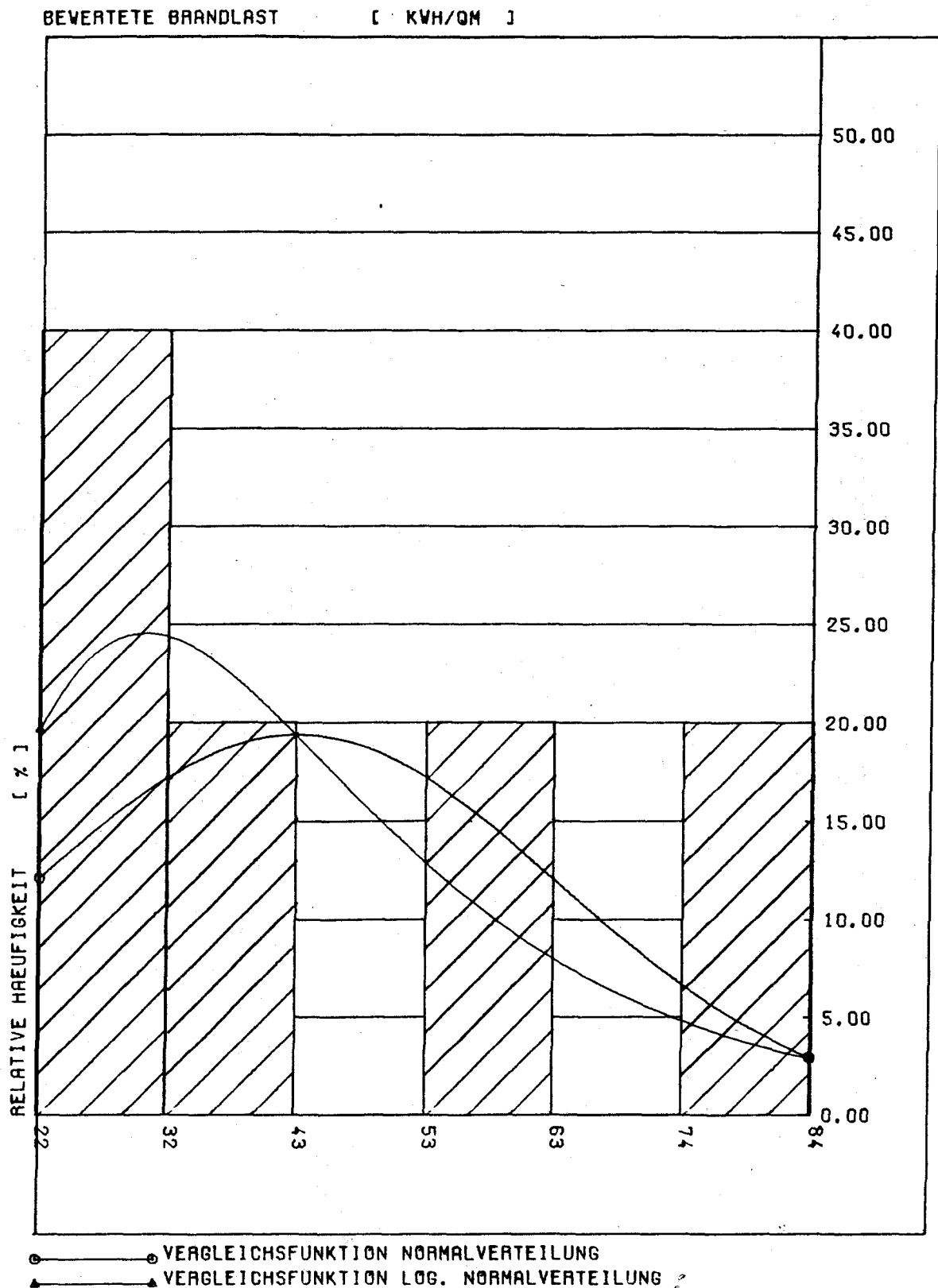


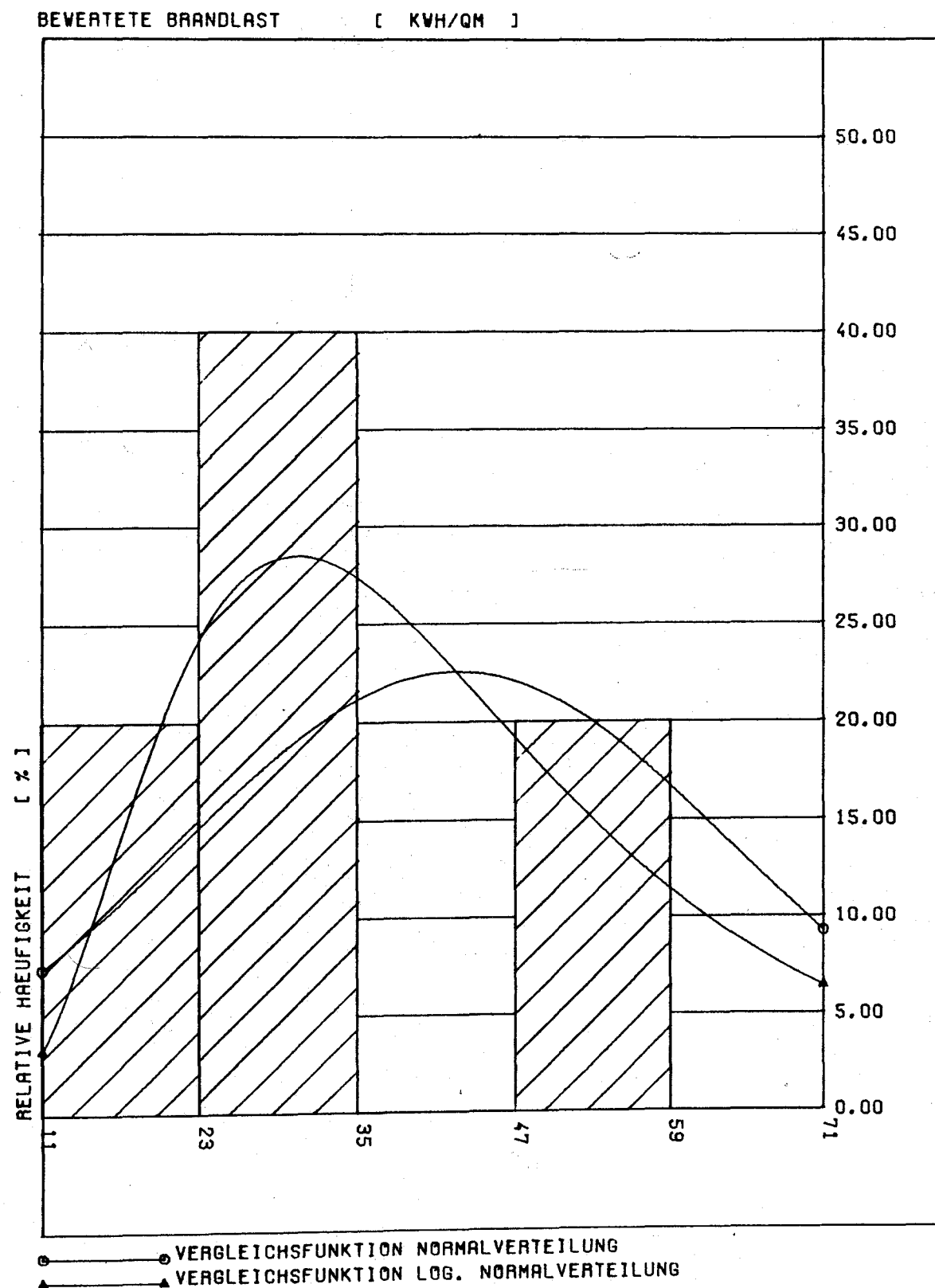
3 NUTZUNGSART : 10



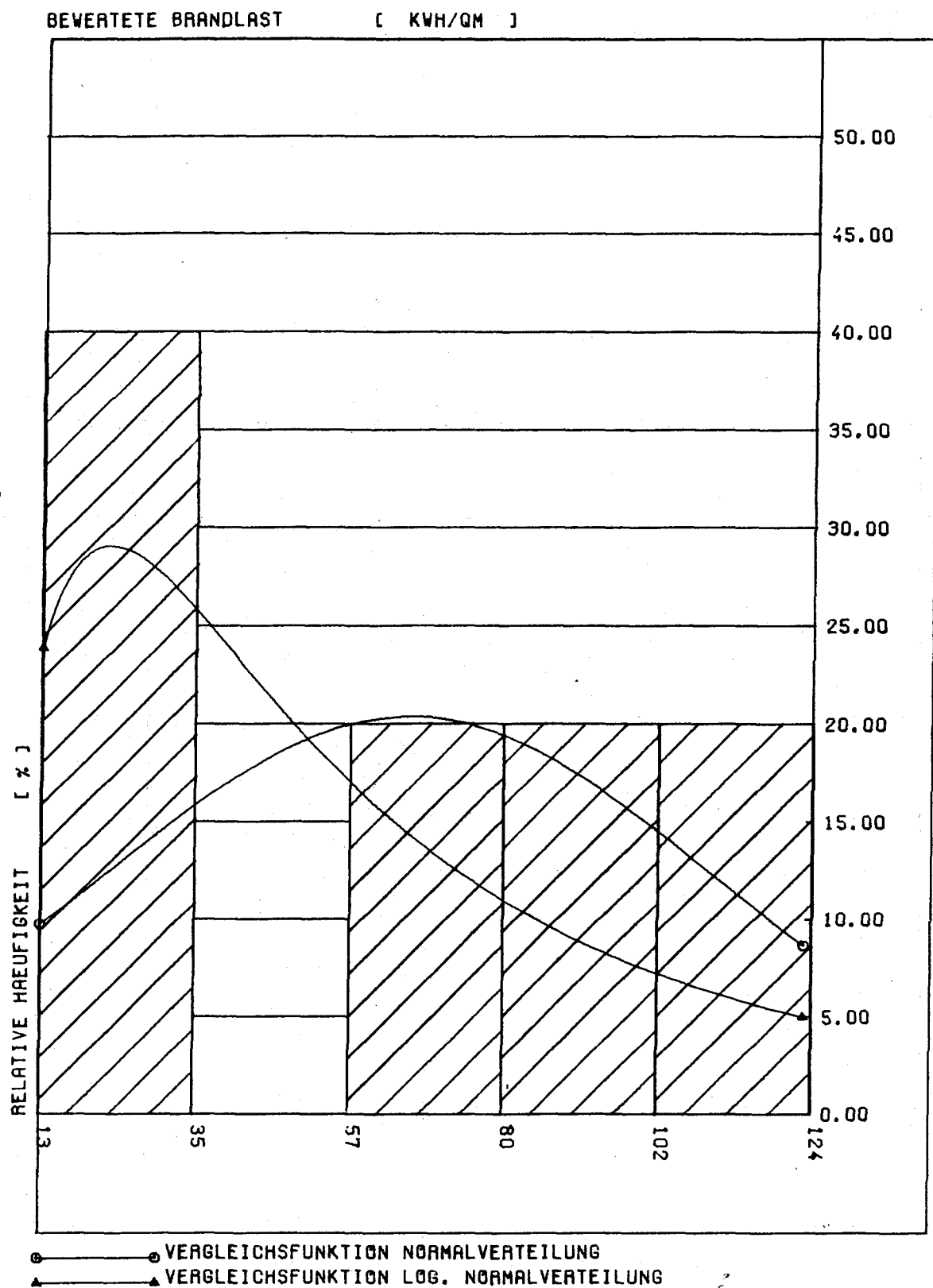
UNTERSTEL., WARTUNG U. VERWERTUNG V. KFZ 1





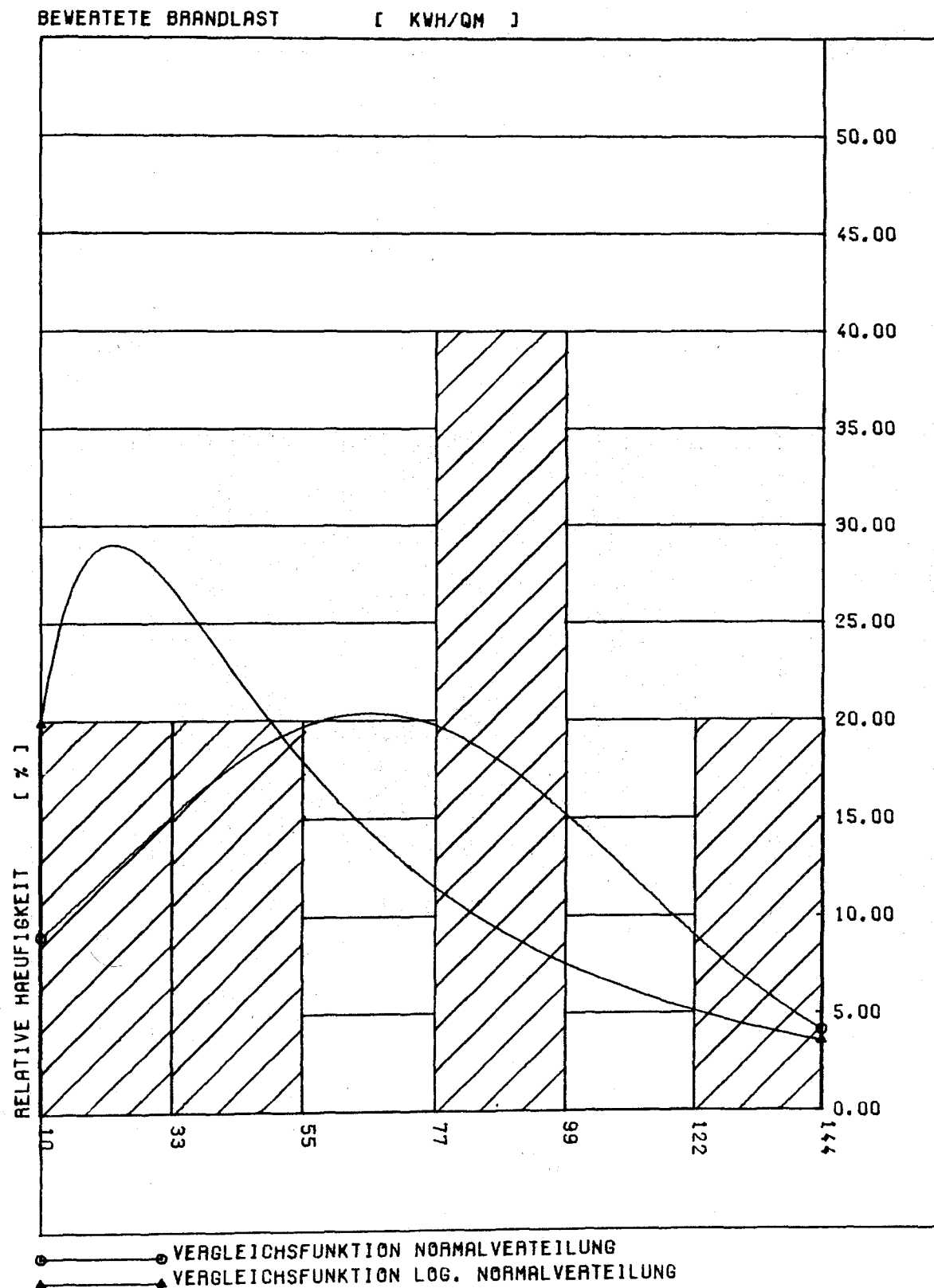


1 NUTZUNGSART , 12



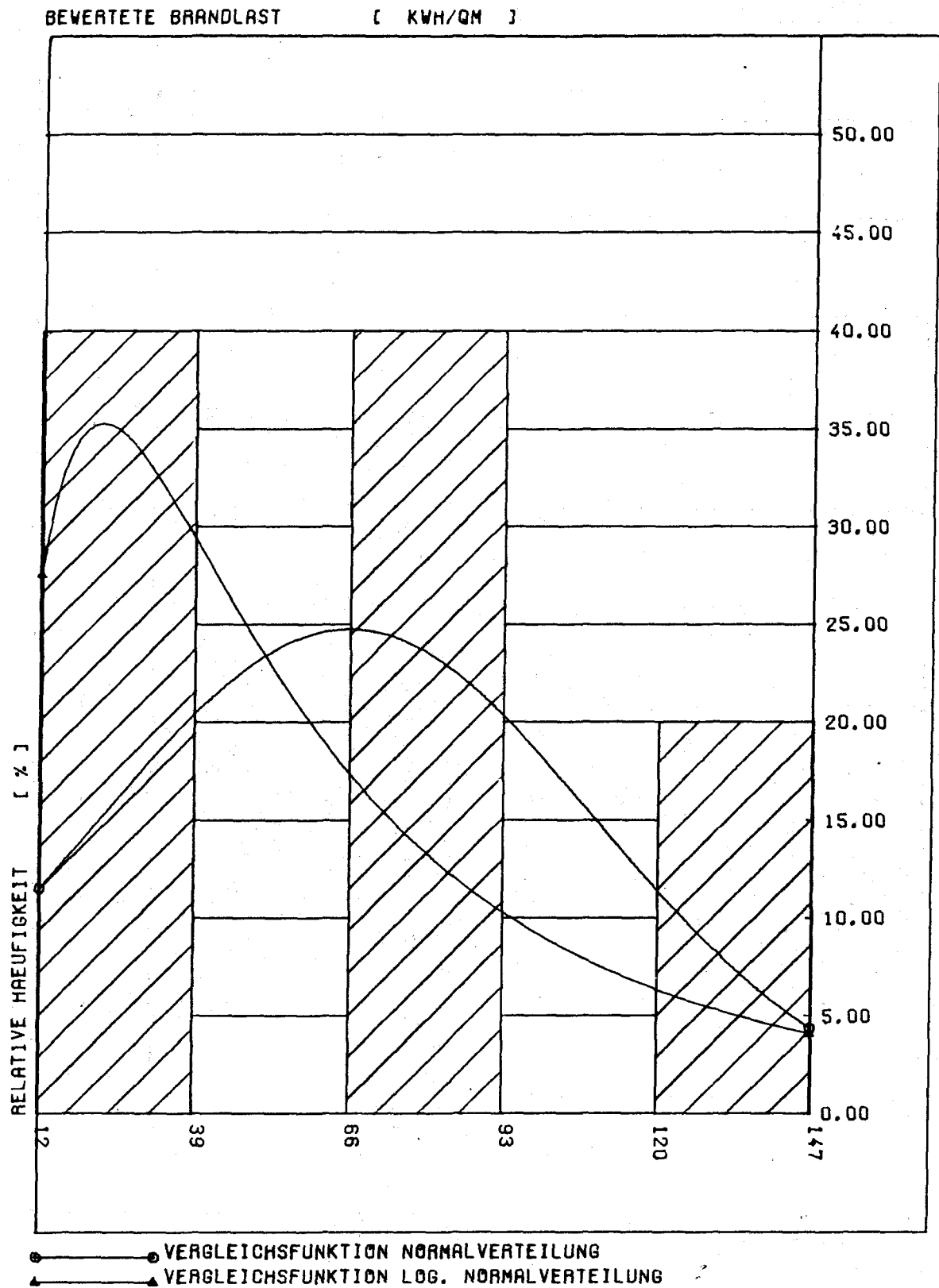
Anhang 5.12.1

2 NUTZUNGSART : 12



Anhang 5.12.2

3 NUTZUNGSART : 12



Anhang 6

Auswertung für "allgemeinen Industriebau"

(Nutzungsarten 5 bis 12)

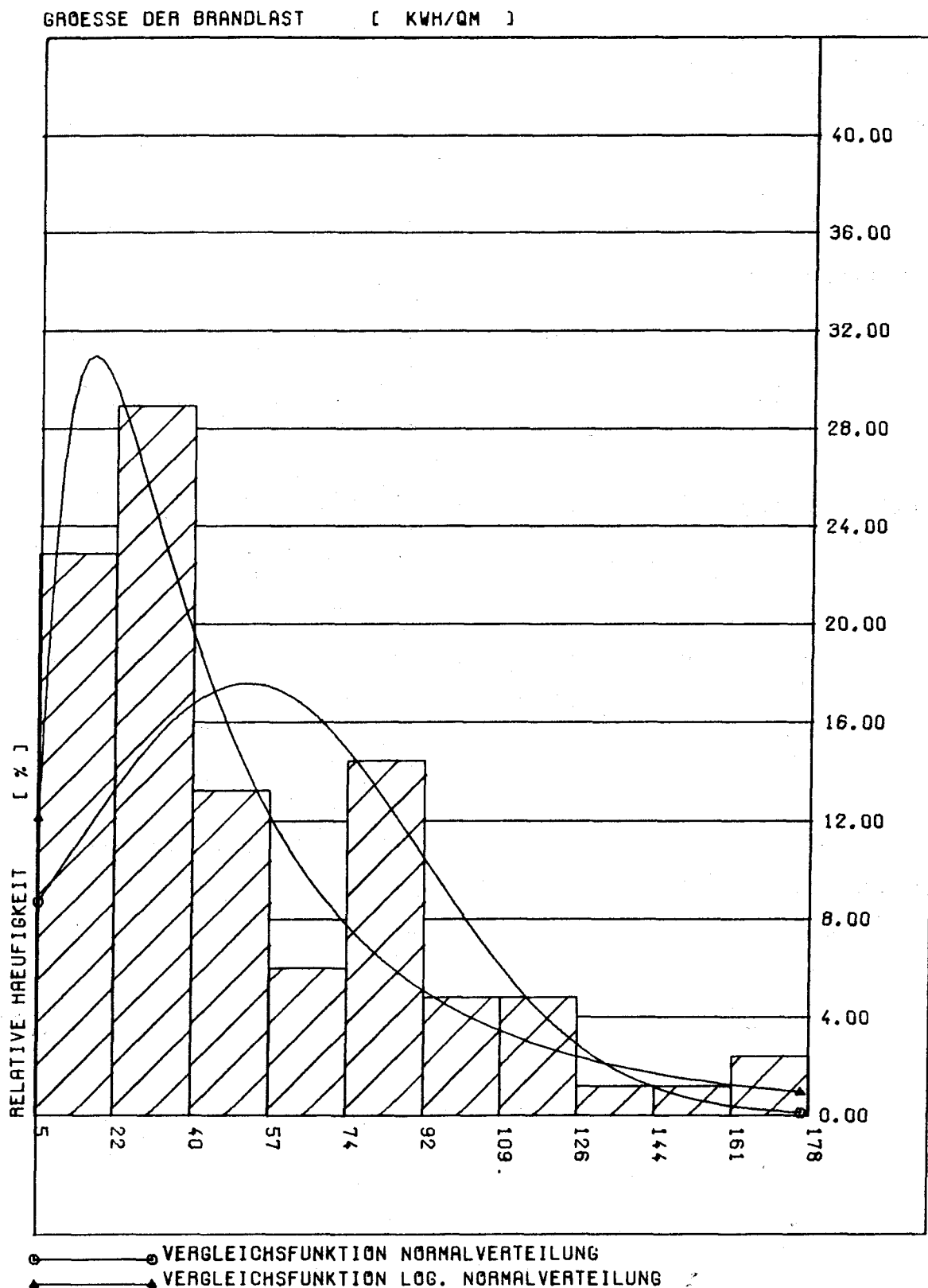
6.1 Histogramme für unbewertete Brandlast

6.2 Histogramme für m-Faktor

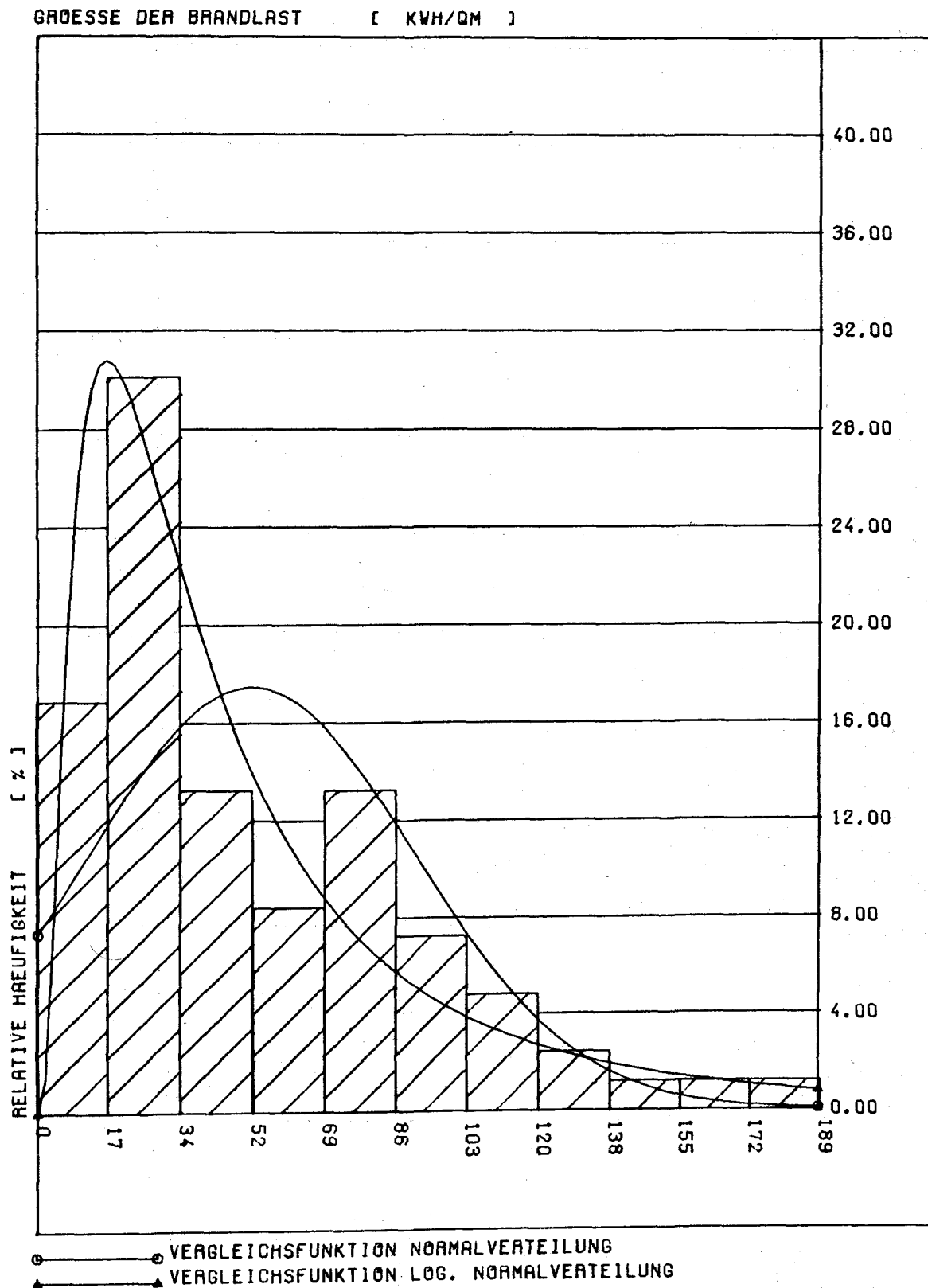
6.3 Histogramme für bewertete Brandlast

Die dritte Ziffer gibt an mit welcher Form der Klasseneinteilung die Histogramme ermittelt wurden (vgl. Abschnitt 3.3.1)

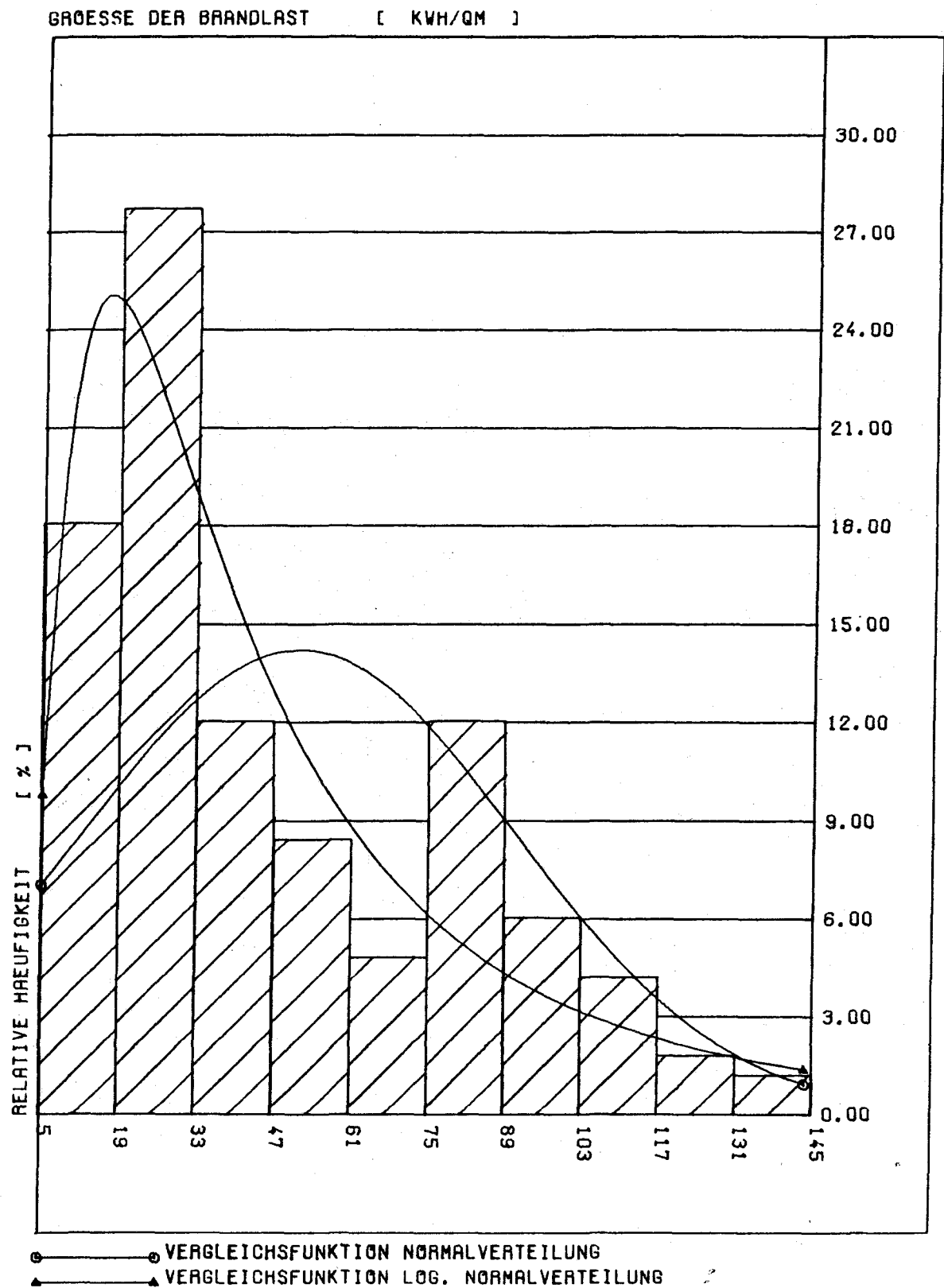
NUTZUNGSART 5 BIS 12 (KLEINE BRANDLAST) 1



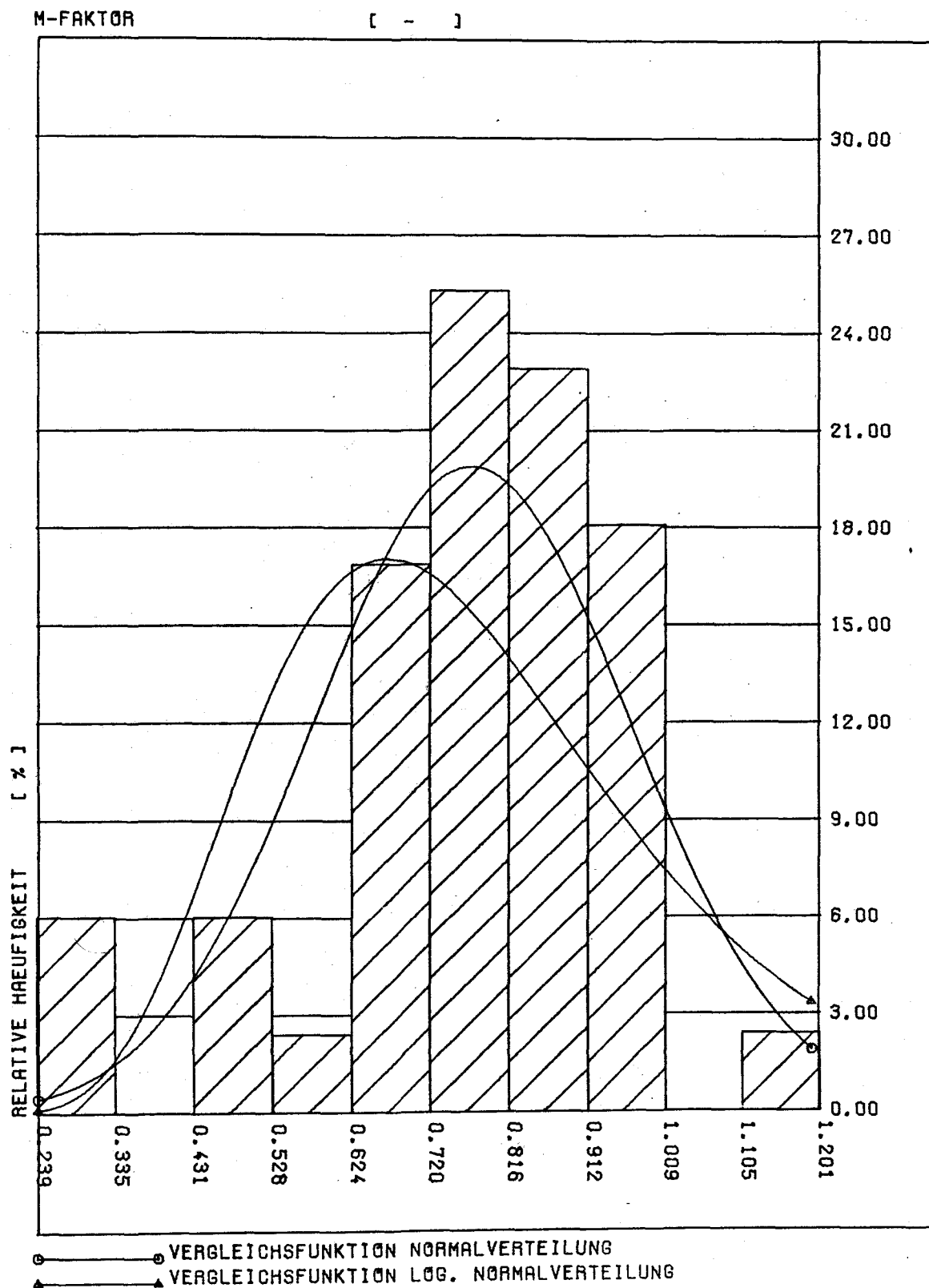
NUTZUNGSART 5 BIS 12 (KLEINE BRANDLAST) 2



NUTZUNGSART 5 BIS 12 (KLEINE BRANDLAST) 3

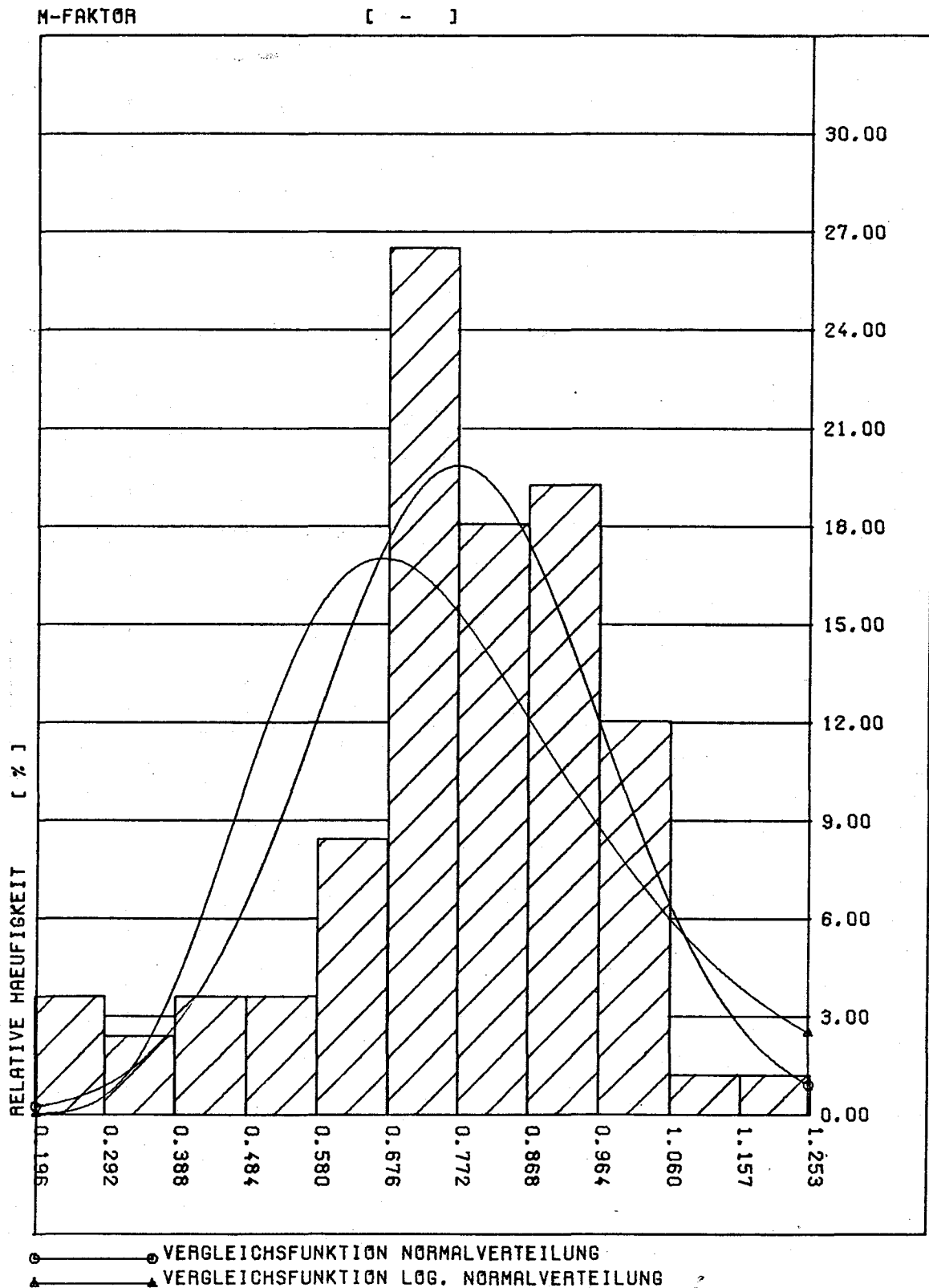


NUTZUNGSART 5 BIS 12 (KL.BRANDLAST) 1.V



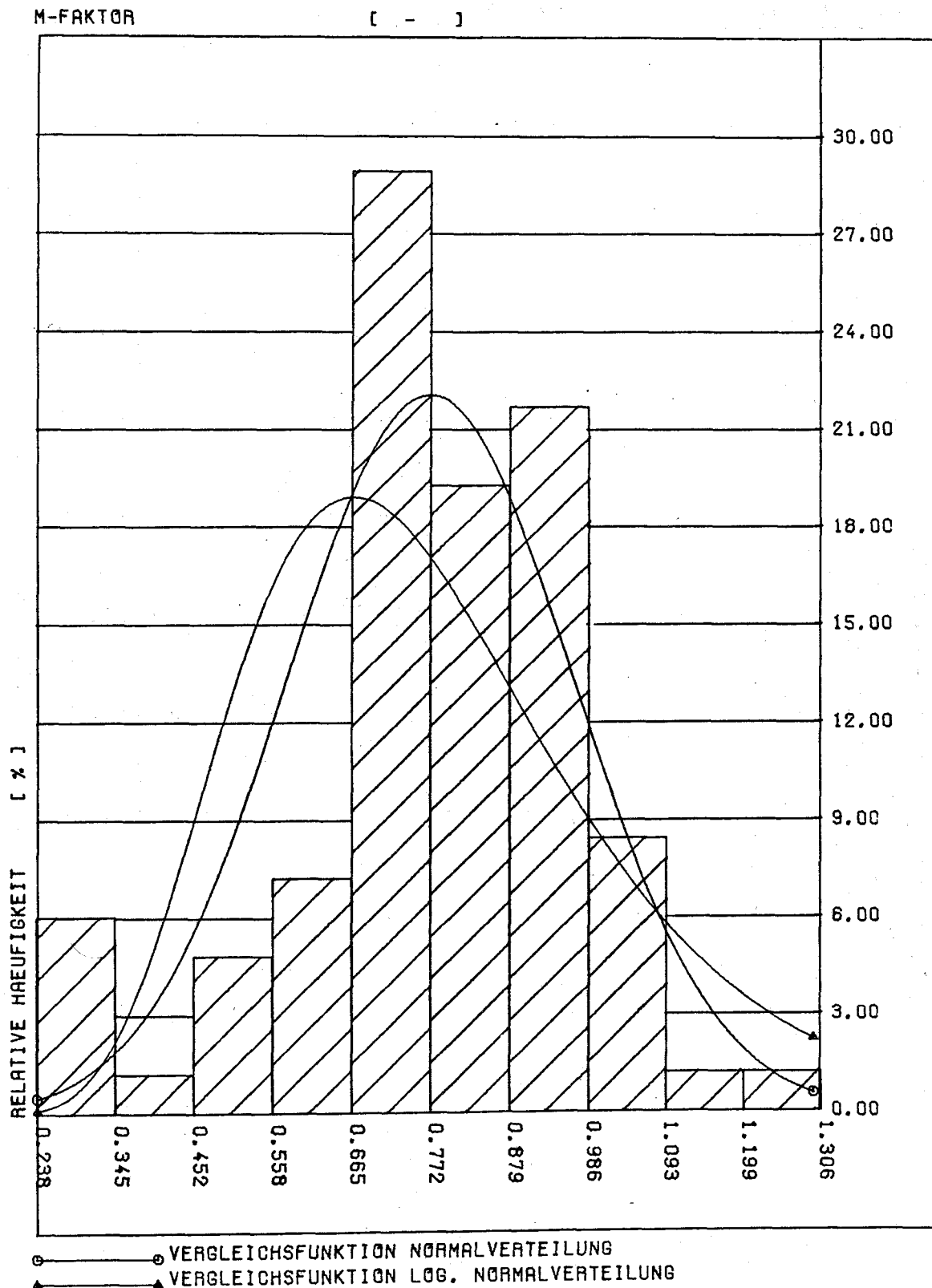
Anhang 6.2.1

NUTZUNGSART 5 BIS 12 (KL.BRANDLAST) 2.V



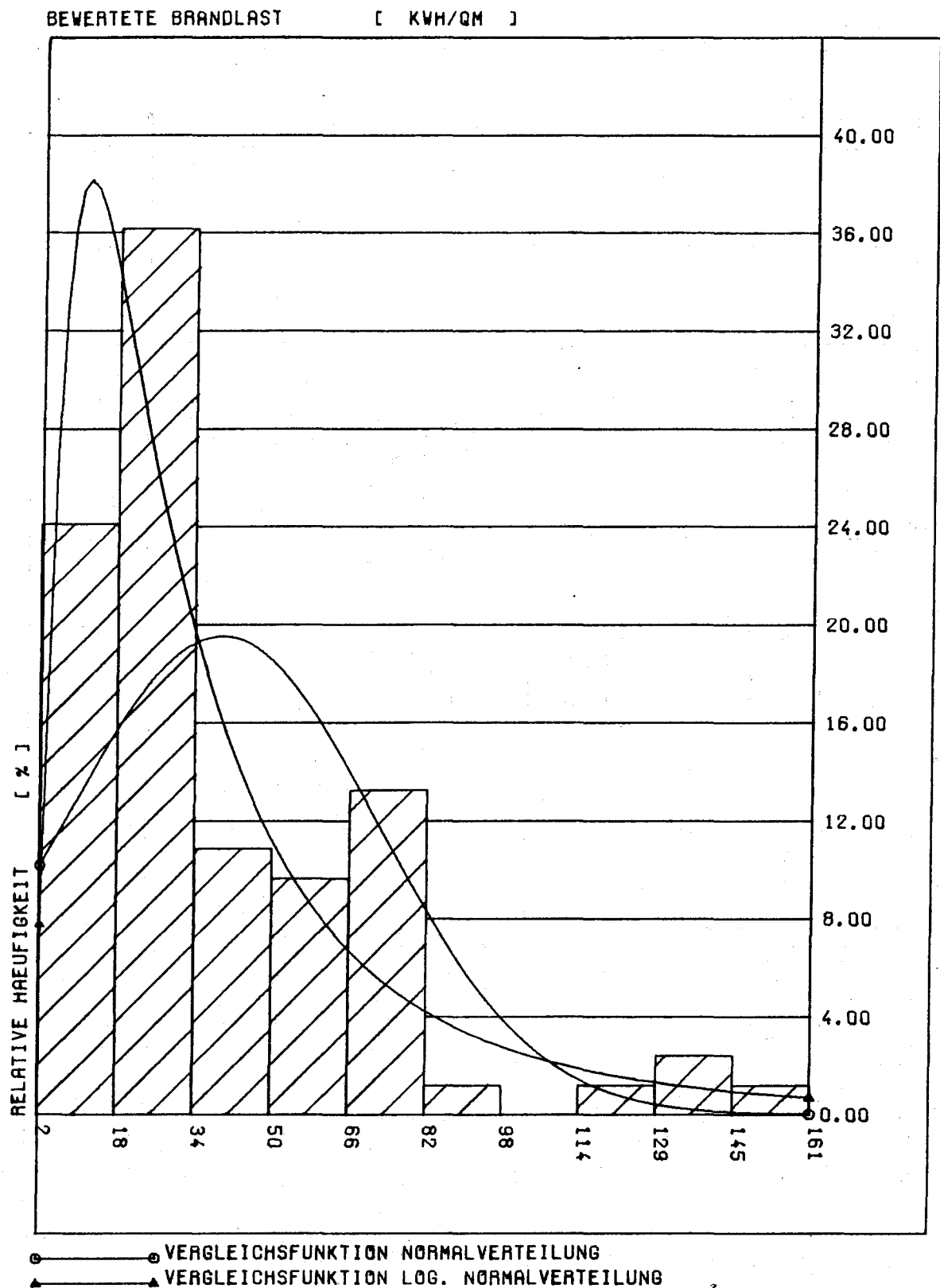
Anhang 6.2.2

NUTZUNGSART 5 BIS 12 (KL. BRANDLAST) 3.V



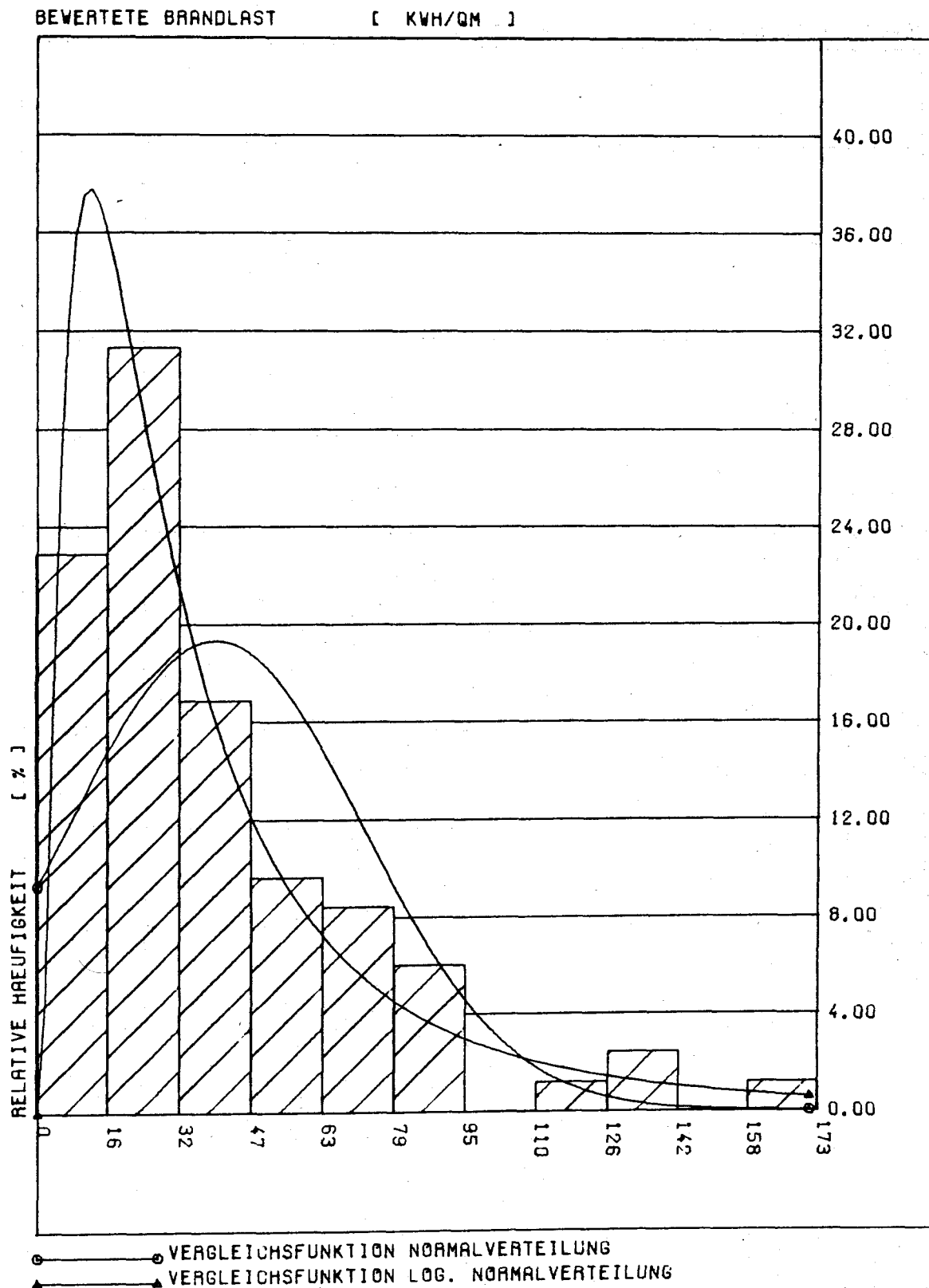
Anhang 6.2.3

NUTZUNGSART 5 BIS 12 (KLEINE BRANDLAST) 1



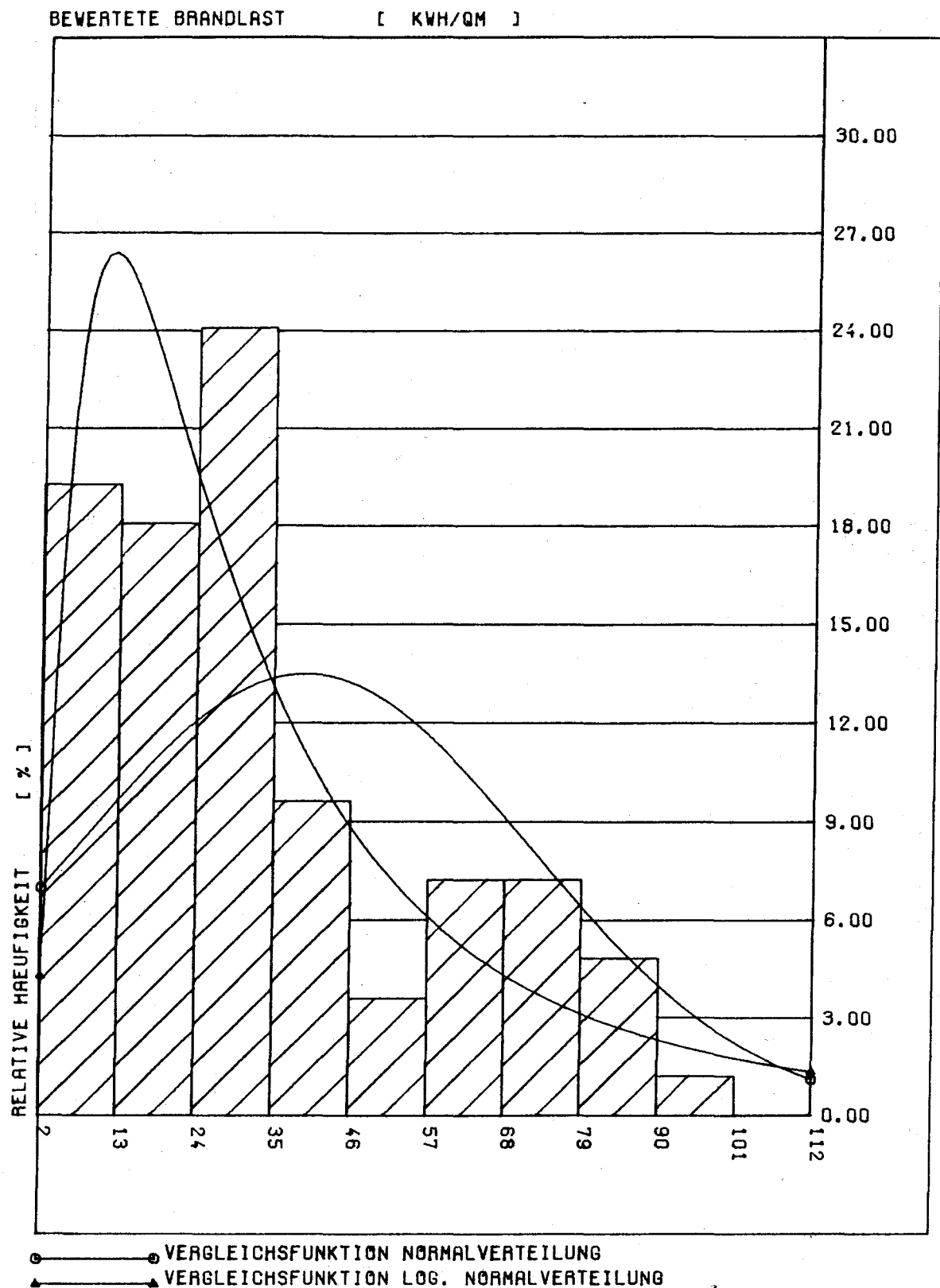
Anhang 6.3.1

NUTZUNGSART 5 BIS 12 (KLEINE BRANDLAST) 2



Anhang 6.3.2

NUTZUNGSART 5 BIS 12 (KLEINE BRANDLAST) 3



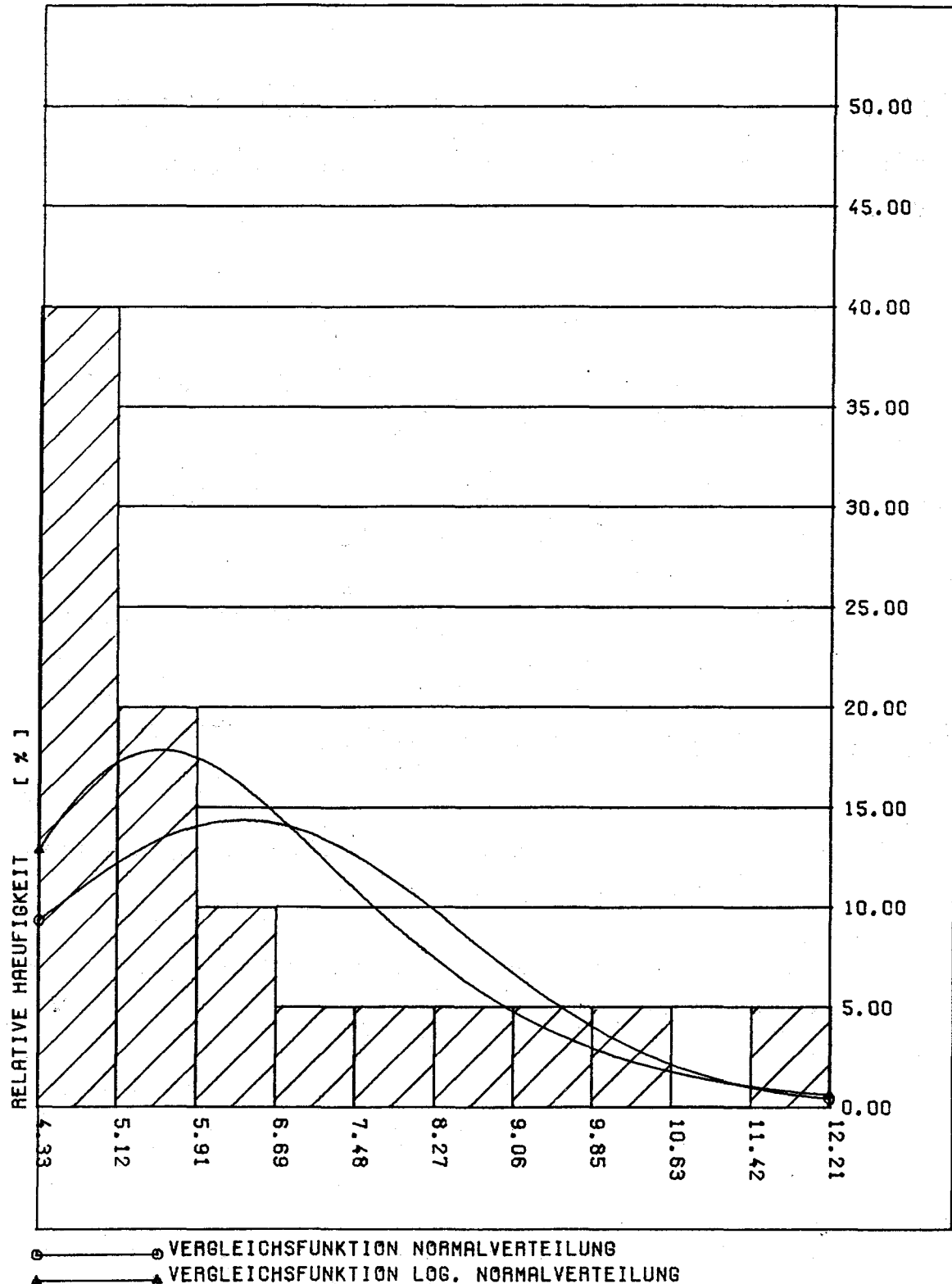
Anhang 7

Häufigkeitsverteilung der durchschnittlichen Heizwerte der Hallen mit Herstellung und Lagerung von brennbaren Stoffen

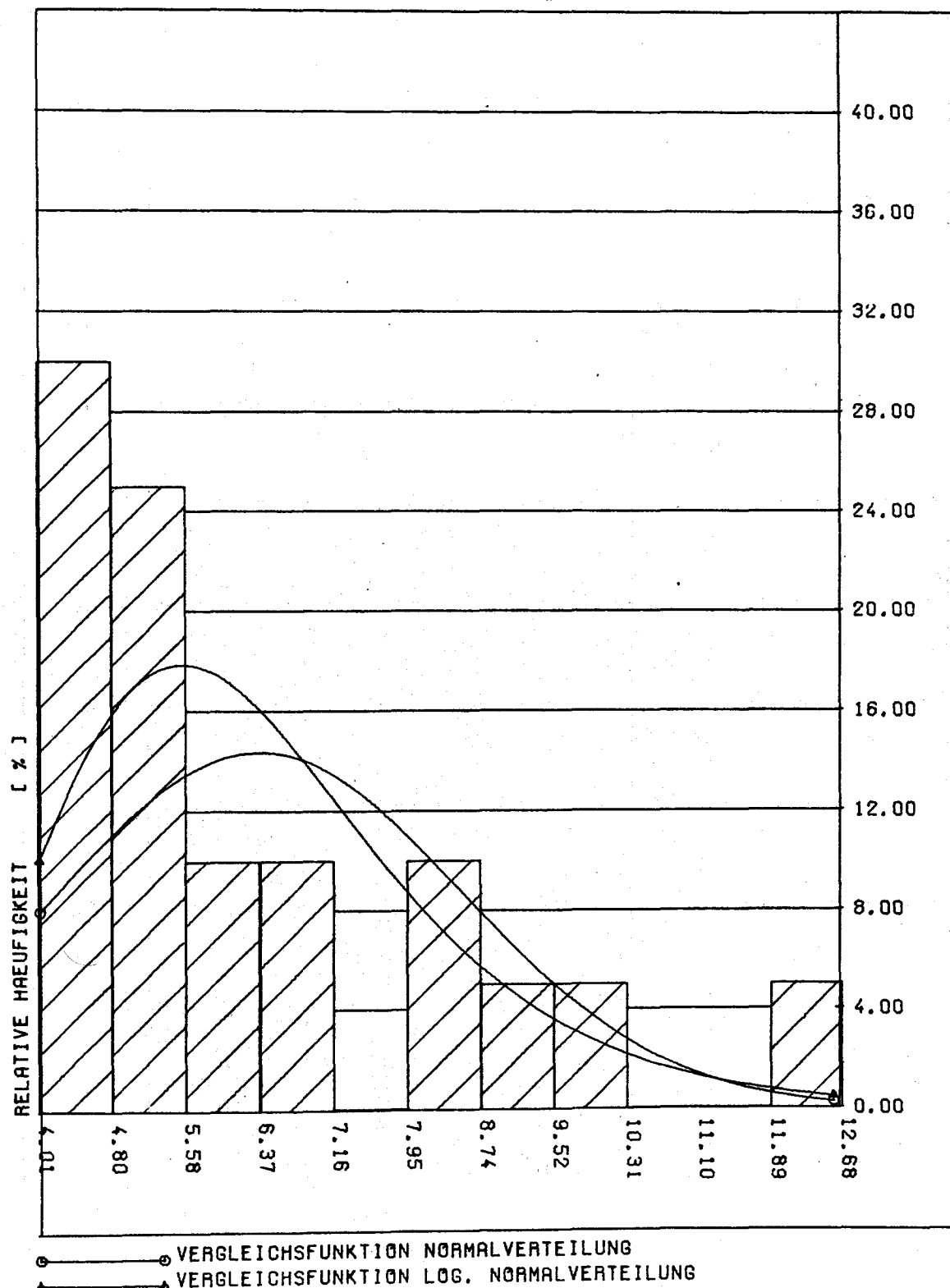
- 7.1 Lagerung brennbarer Stoffe in Mengen kleiner
150 kg/m² (Nutzungsart 1)
- 7.2 Lagerung brennbarer Stoffe in Mengen größer
150 kg/m² (Nutzungsart 2)
- 7.3 Lagerung brennbarer Stoffe ohne Mengenbeschränkung
(Nutzungsart 1 und 2)
- 7.4 Herstellung und Lagerung brennbarer Stoffe in Mengen
kleiner 150 kg/m² (Nutzungsart 3)
- 7.5 Herstellung und Lagerung brennbarer Stoffe in Mengen
größer 150 kg/m² (Nutzungsart 4)
- 7.6 Herstellung und Lagerung brennbarer Stoffe ohne
Mengenbeschränkung (Nutzungsart 5)
- 7.7 Lagerung oder Herstellung und Lagerung brennbarer
Stoffe ohne Mengenbeschränkung (Nutzungsarten 1 - 4)

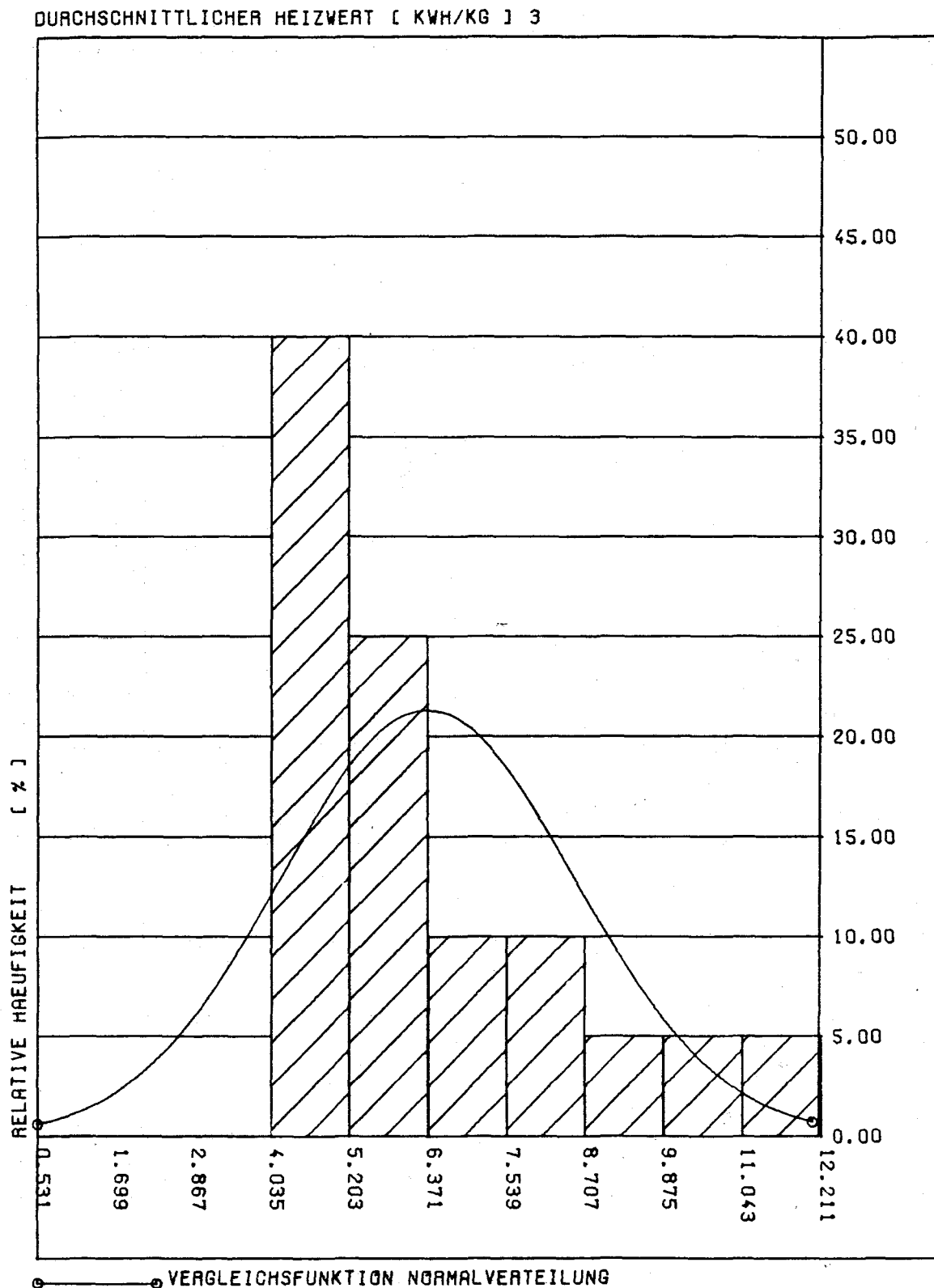
Die dritte Ziffer gibt an mit welcher Form der Klasseneinteilung die Histogramme ermittelt wurden (Vgl. Abschnitt 3.3.1).

DURCHSCHNITTLICHER HEIZWERT [KWH/KG] 1



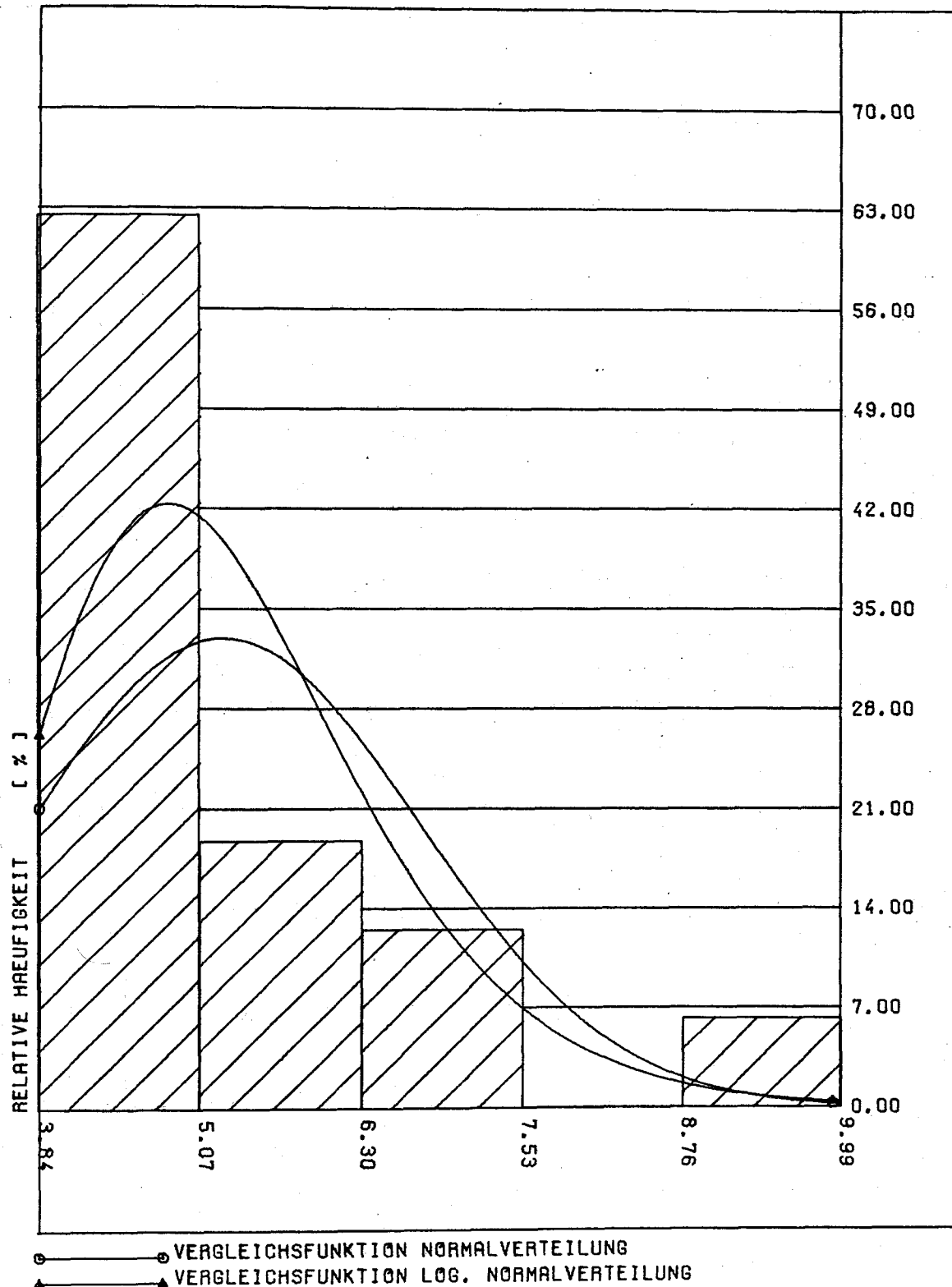
DURCHSCHNITTLICHER HEIZWERT [KWH/KG] 2





AUSWERTUNG HEIZWERTE NUTZUNGSART 2

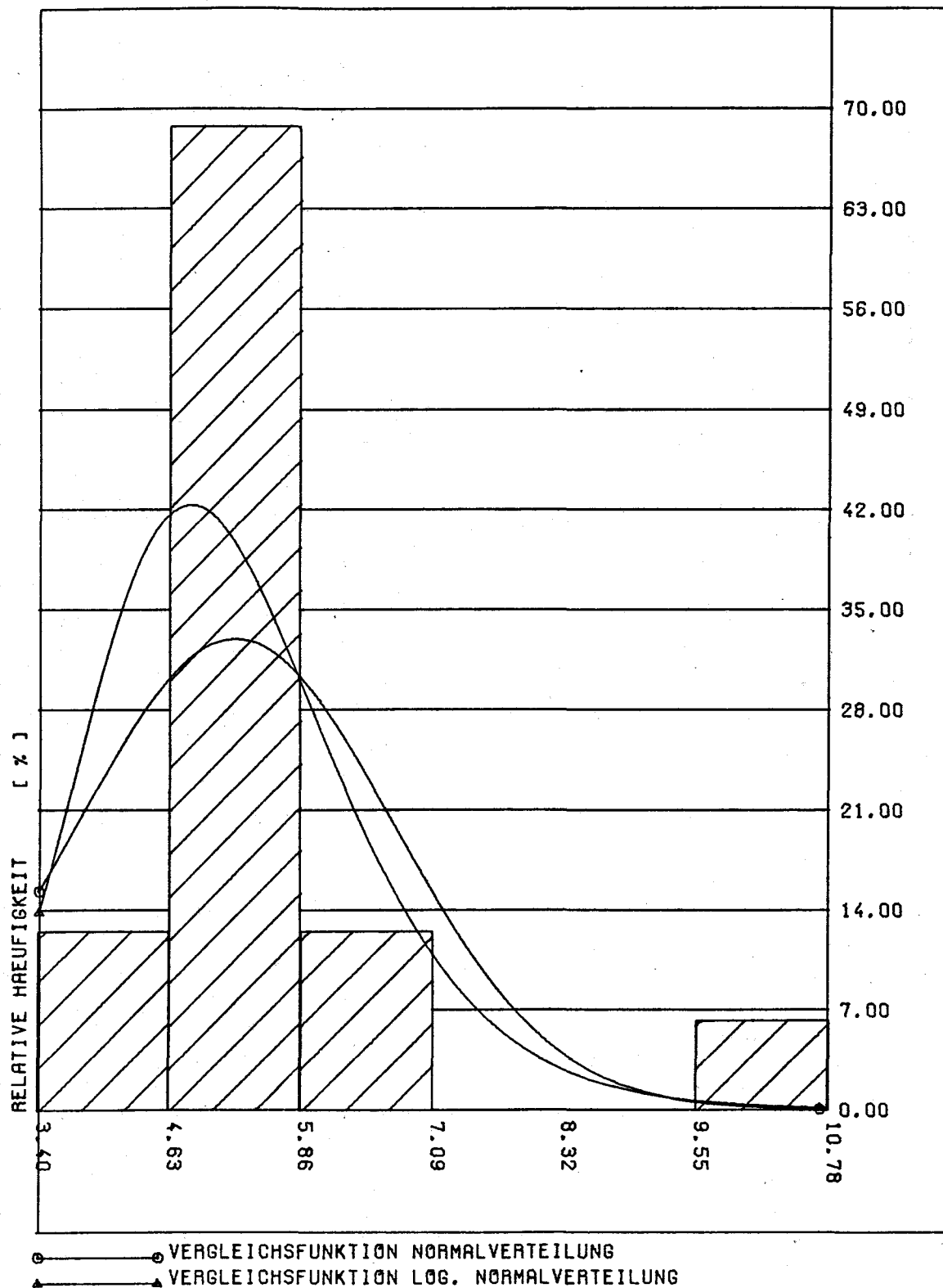
DURCHSCHNITTliche HEIZWERTE [KWH/KG] 1



Anhang 7.2.1

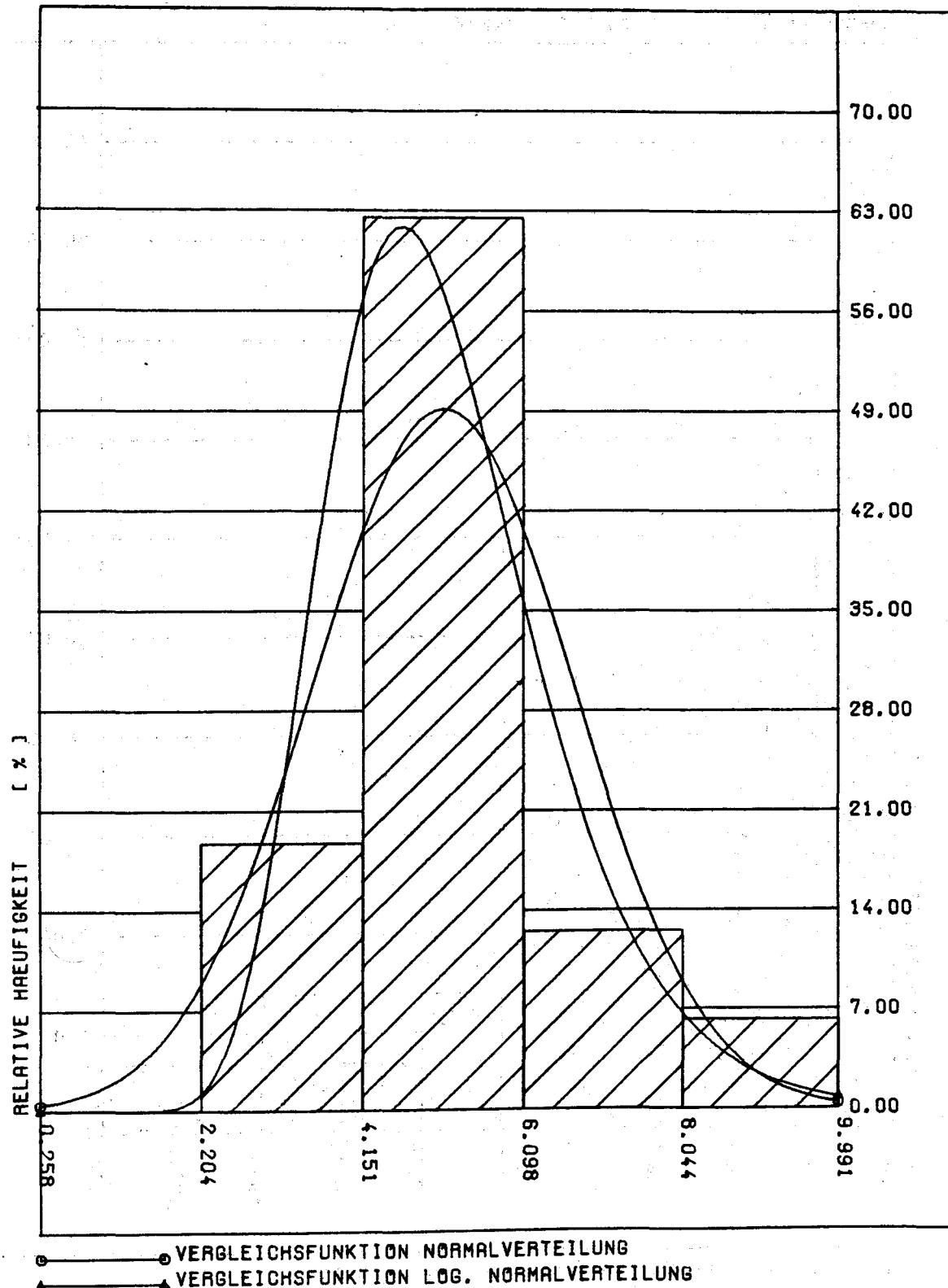
AUSWERTUNG HEIZWERTE NUTZUNGSART 2

DURCHSCHNITTLLICHE HEIZWERTE [KWH/KG] 2



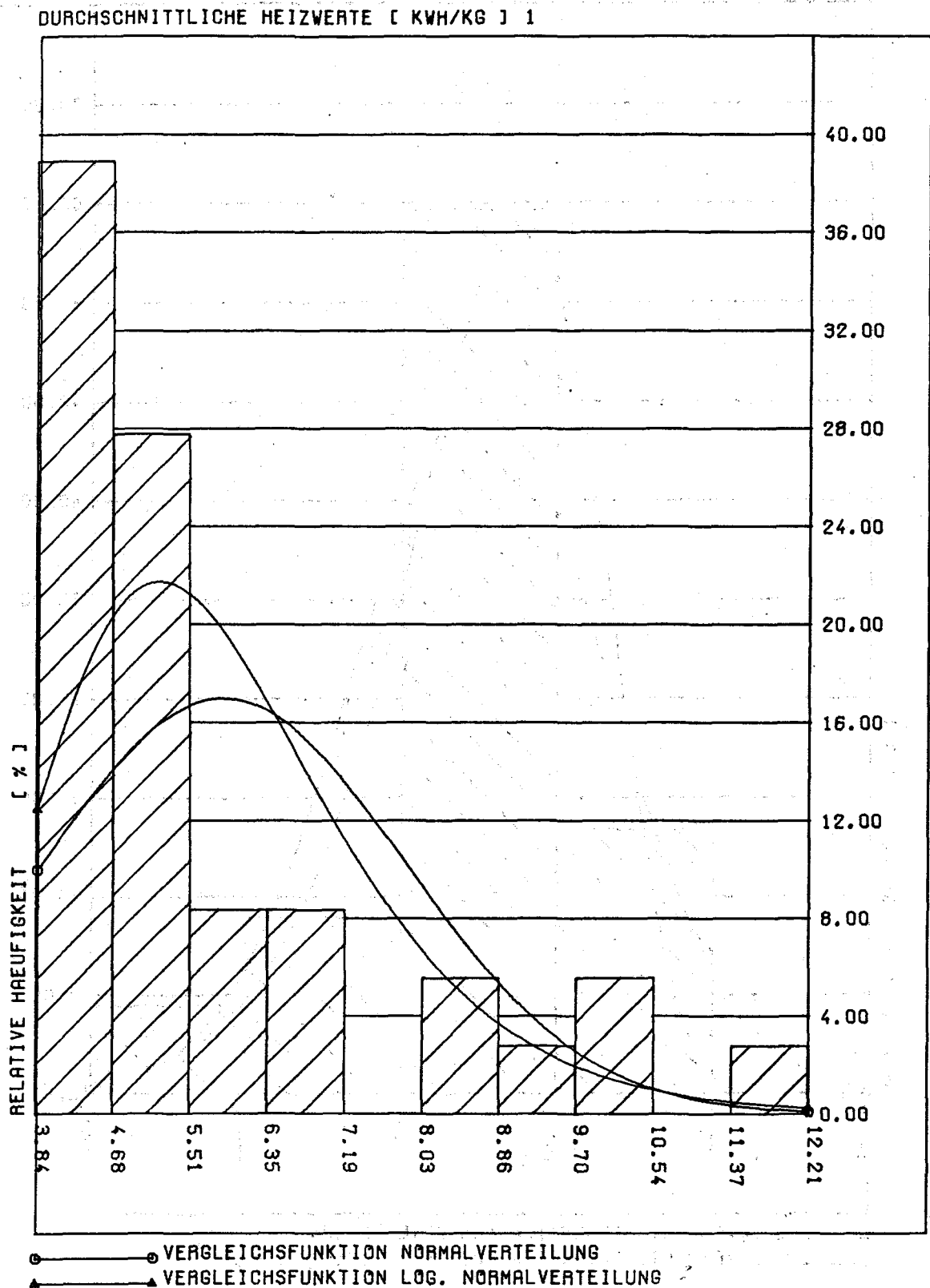
AUSWERTUNG HEIZWERTE NUTZUNGSART 2

DURCHSCHNITTliche HEIZWERTE [KWH/KG] 3



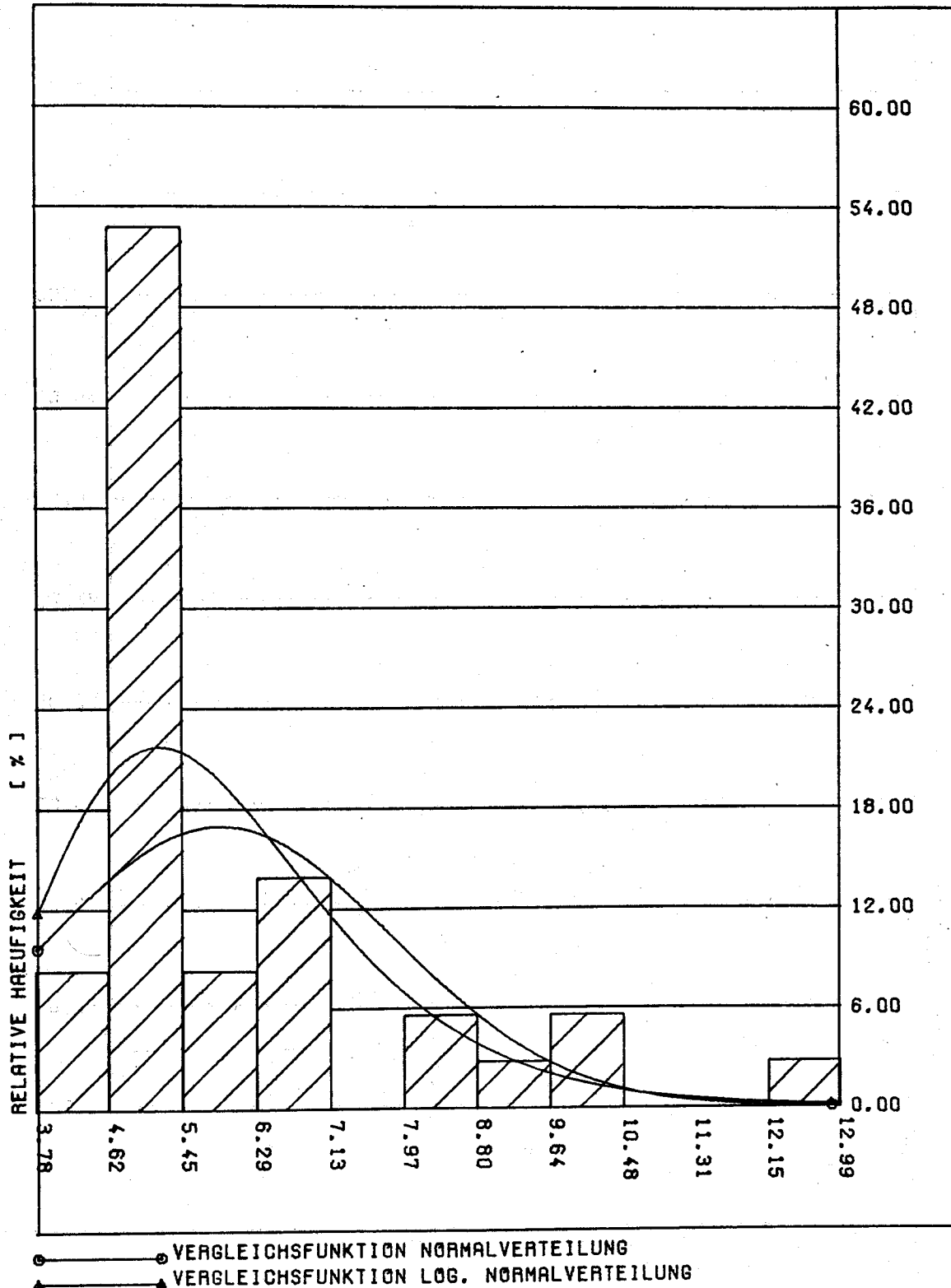
Anhang 7.2.3

HEIZWERTE DER LAGER (N.ART 1 UND 2)



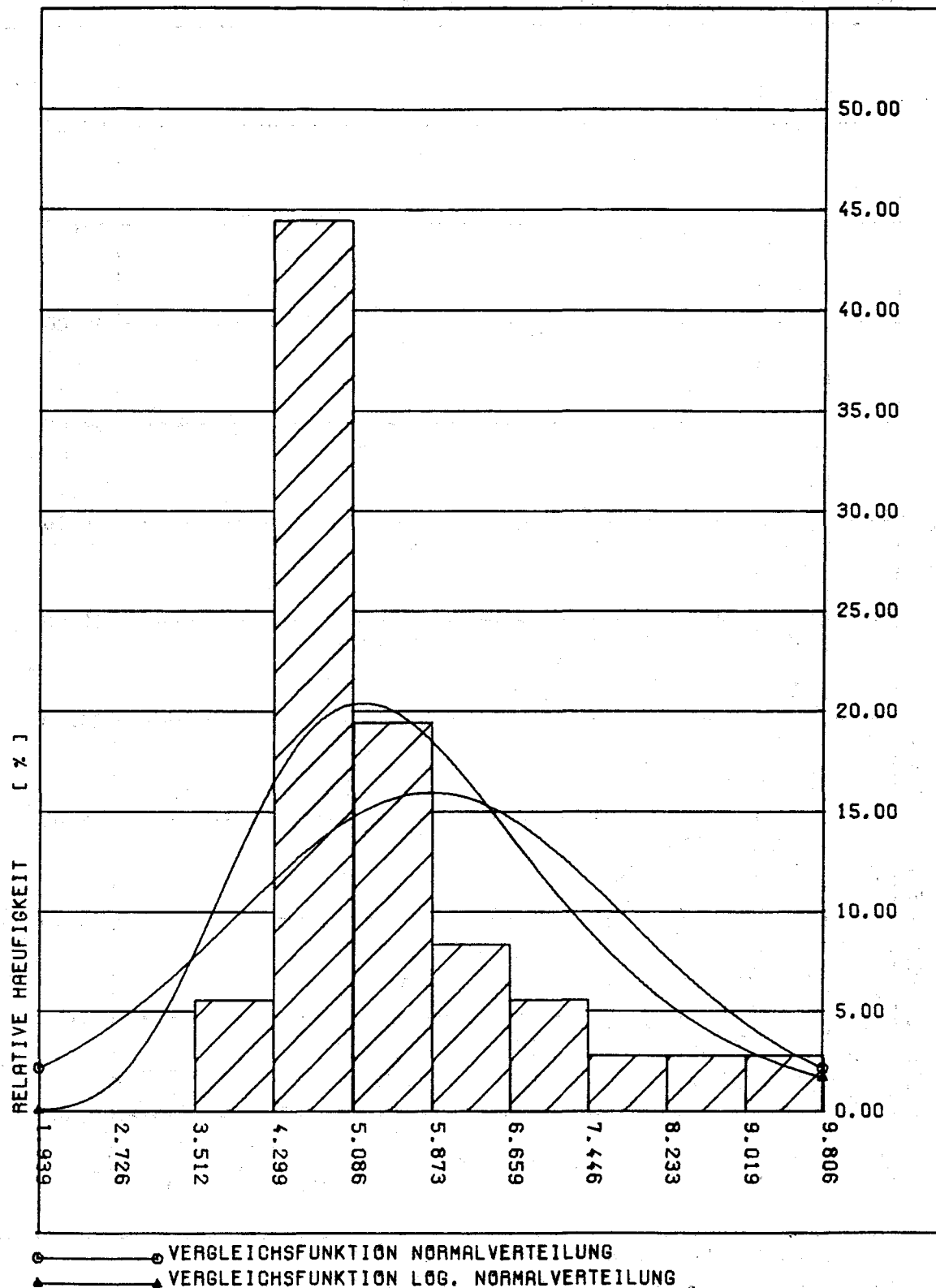
HEIZWERTE DER LAGER (N.ART 1 UND 2)

DURCHSCHNITTLLICHE HEIZWERTE [KWH/KG] 2

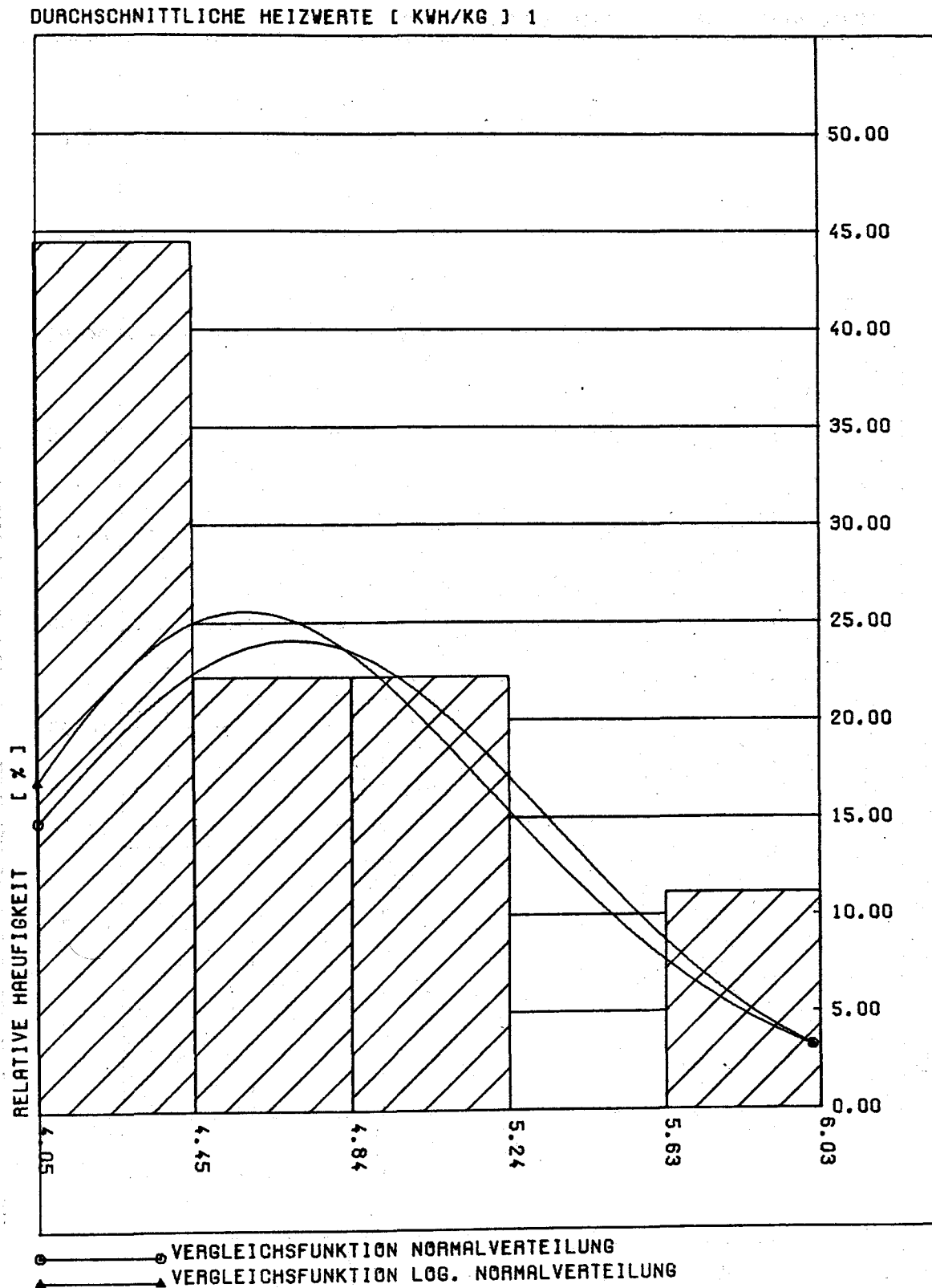


HEIZWERTE DER LAGER (N.ART 1 UND 2)

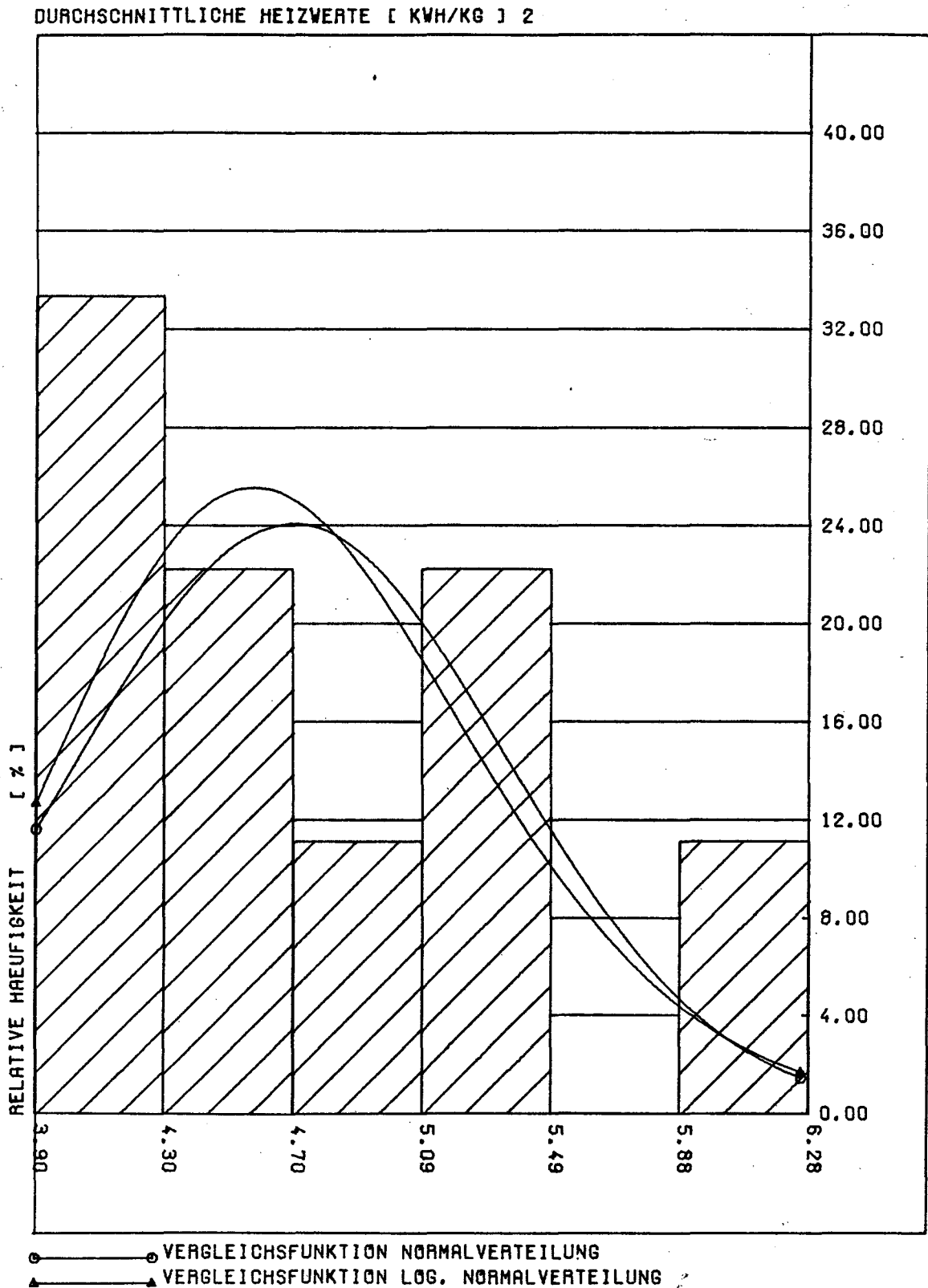
DURCHSCHNITTliche HEIZWERTE [KWH/KG] 3



HEIZWERTE DER NUTZUNGSART 3

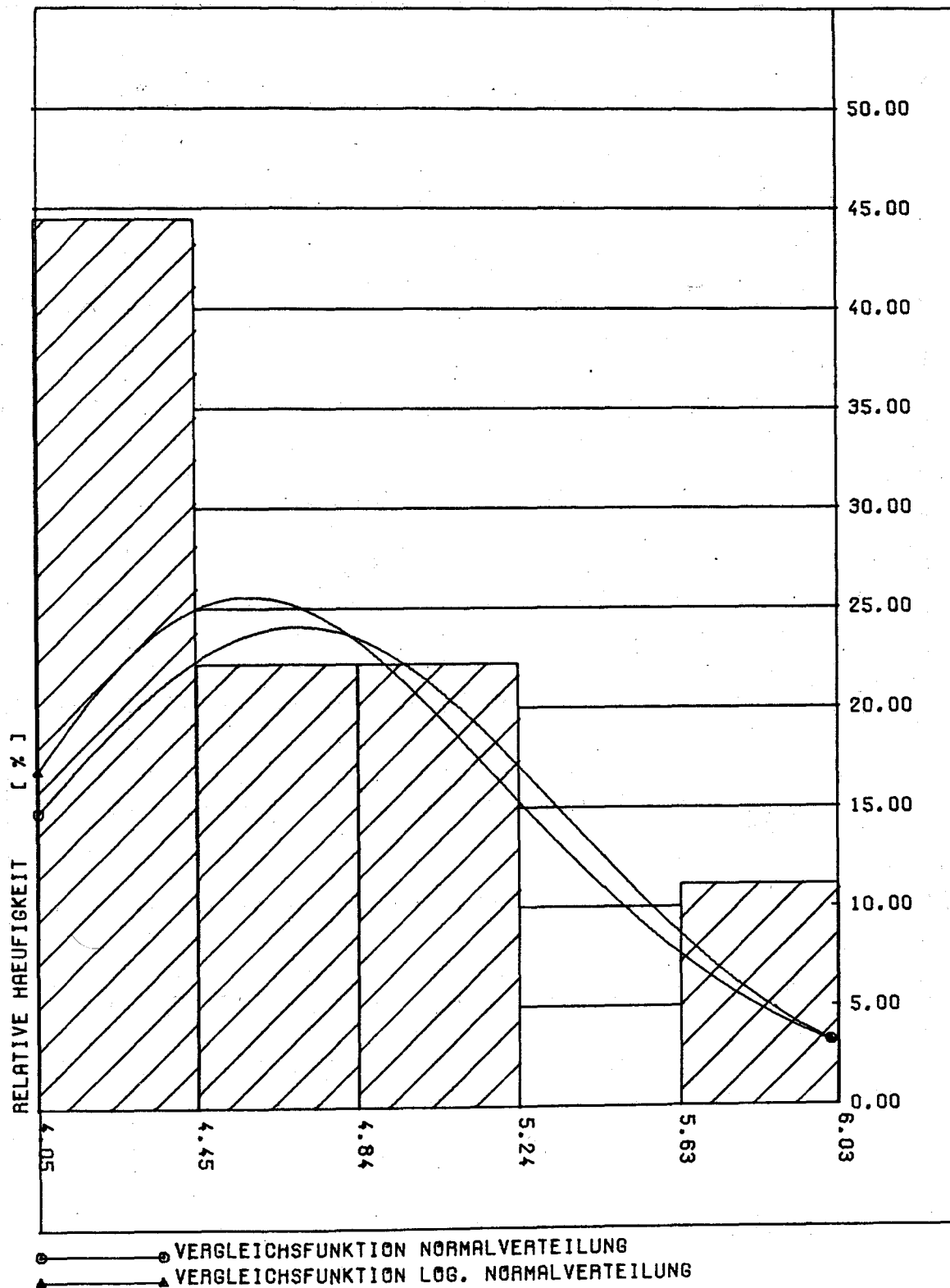


HEIZWERTE DER NUTZUNGSART 3

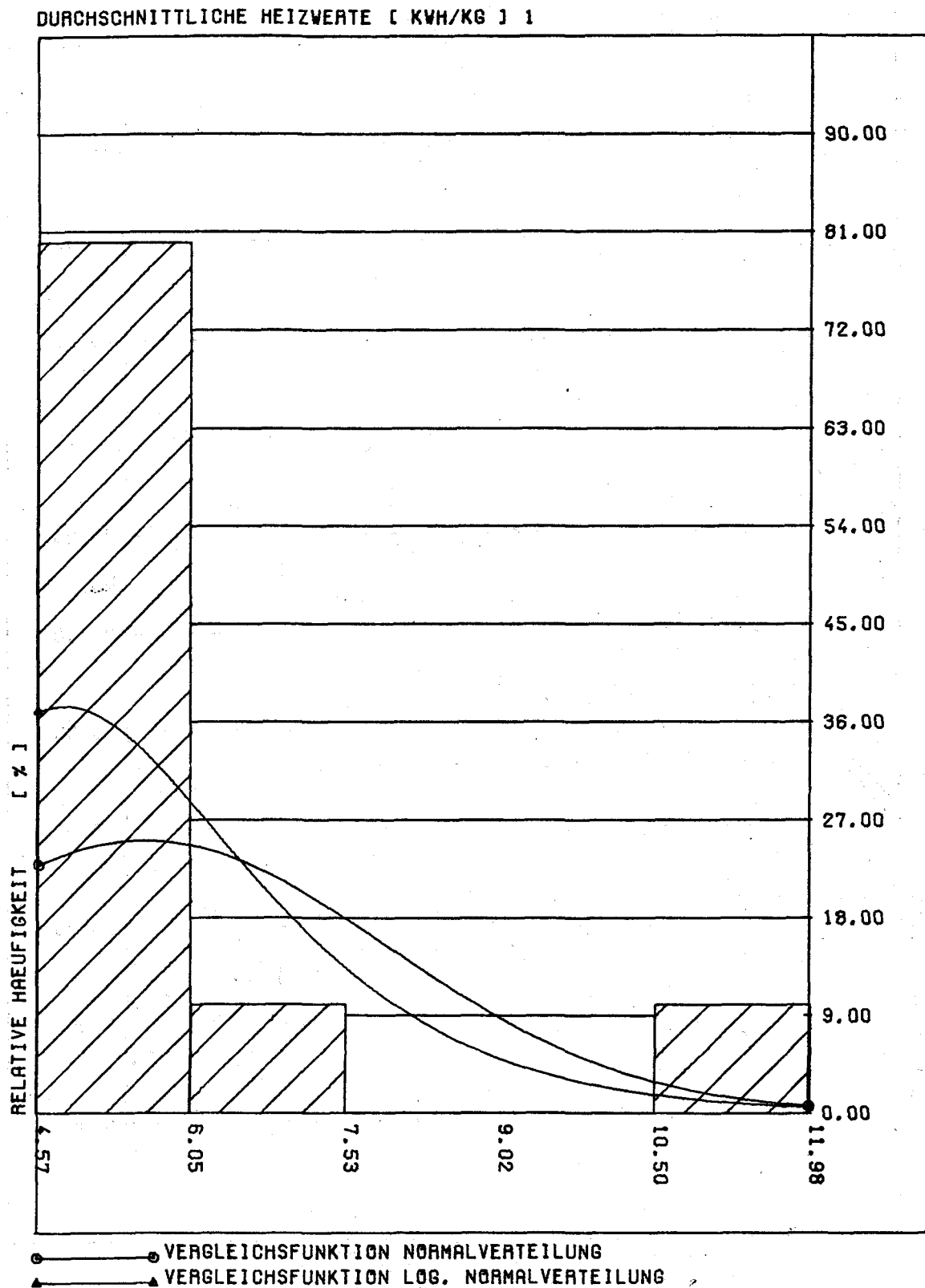


HEIZWERTE DER NUTZUNGSART 3

DURCHSCHNITTliche HEIZWERTE [KWH/KG] 3



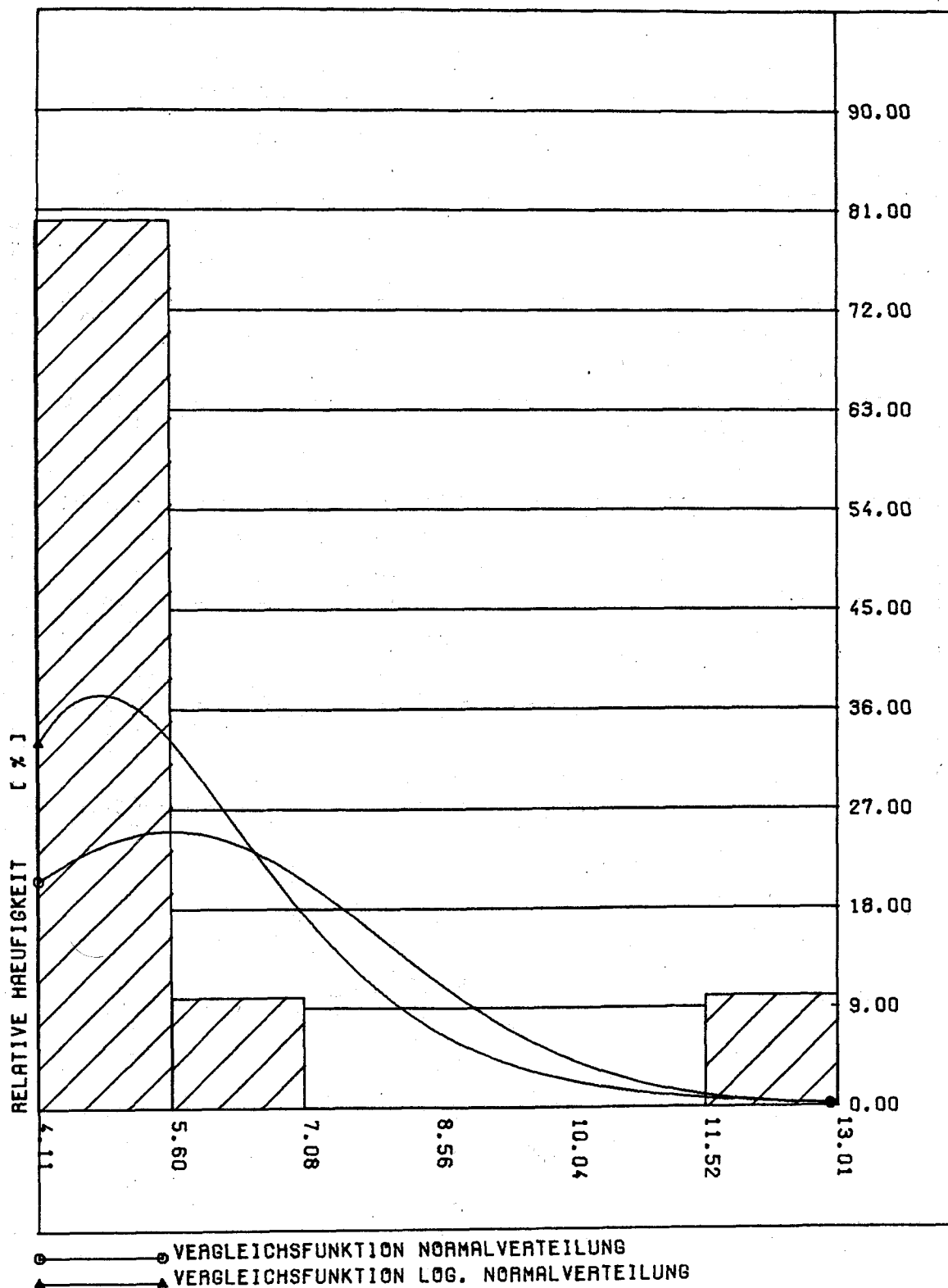
HEIZWERTE DER NUTZUNGSART 4



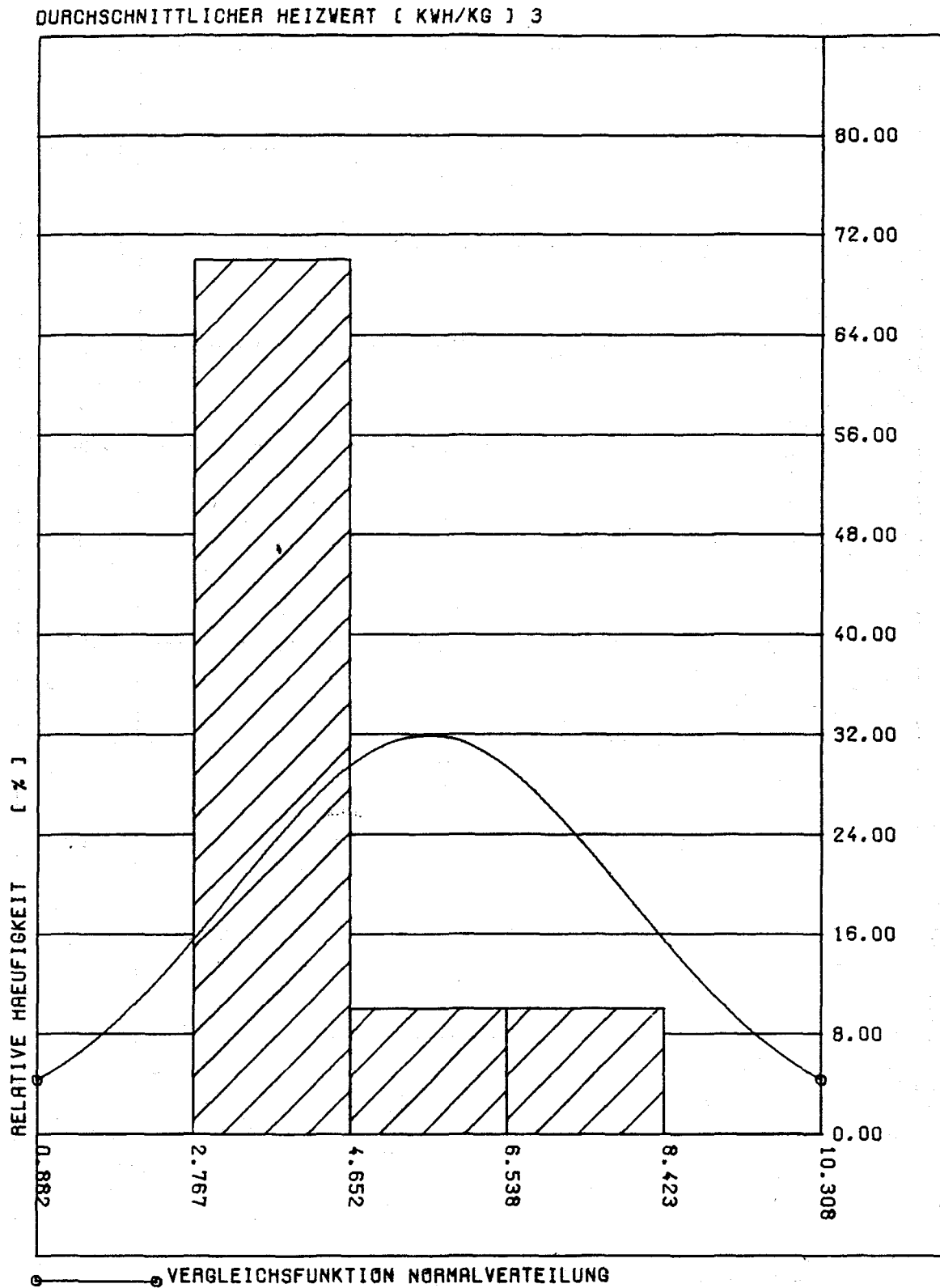
Anhang 7.5.1

HEIZWERTE DER NUTZUNGSART 4

DURCHSCHNITTliche HEIZWERTE [KWH/KG] 2



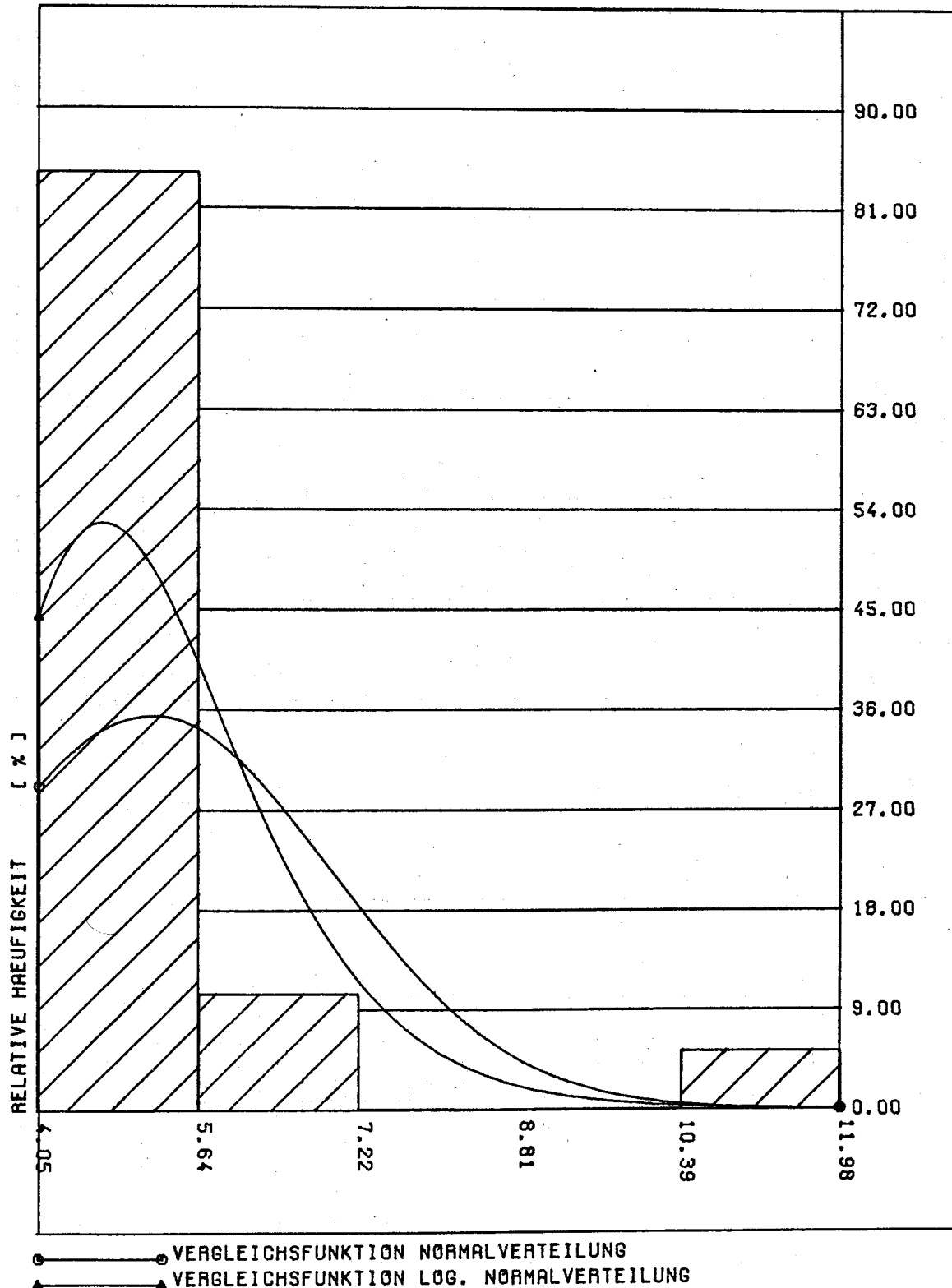
HEIZWERTE DER NUTZUNGSART 4



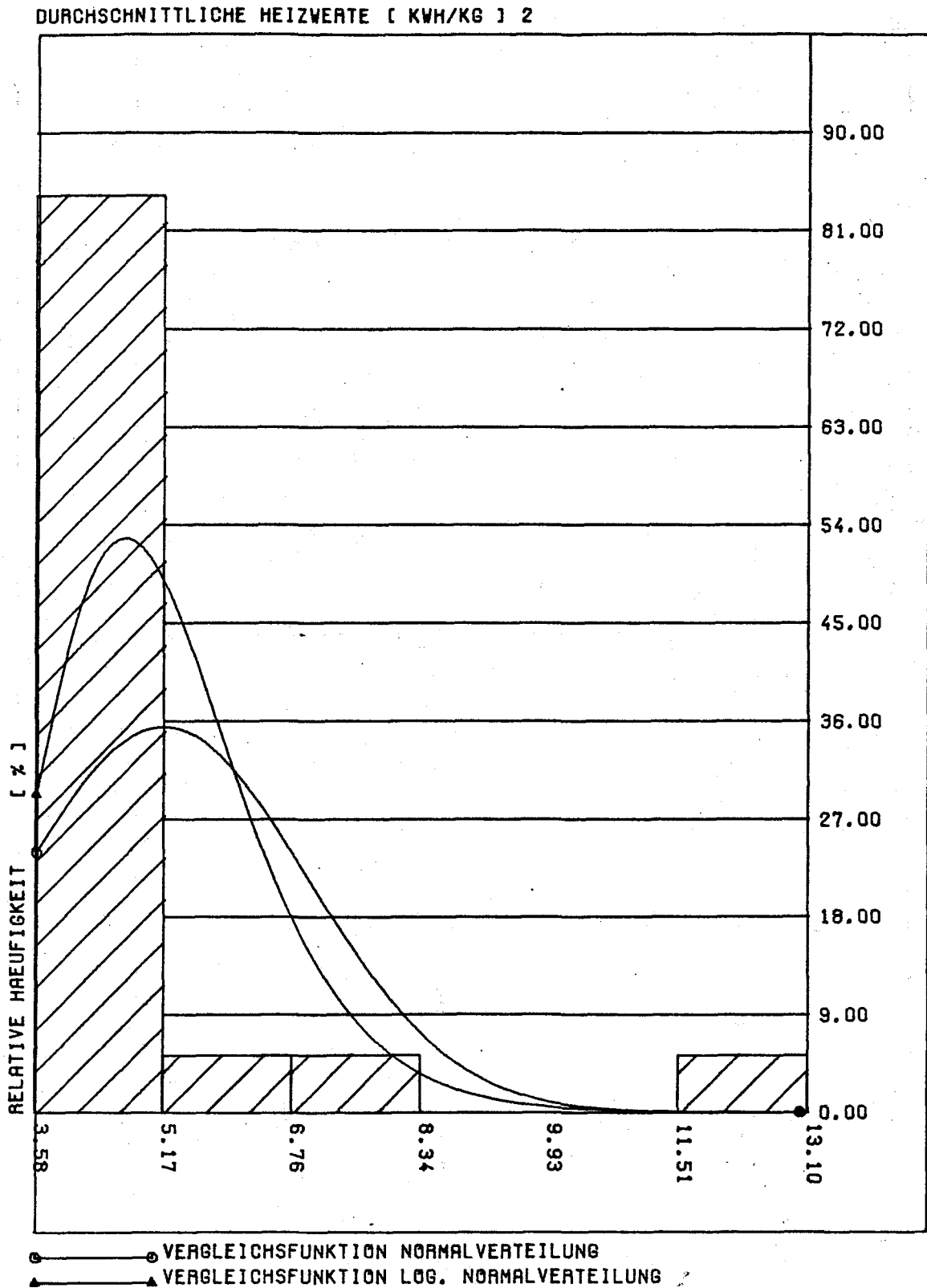
Anhang 7.5.3

HEIZWERTE HERSTELL. UND LAGER (NA 3 U 4)

DURCHSCHNITTliche HEIZWERTE [KWH/KG] 1



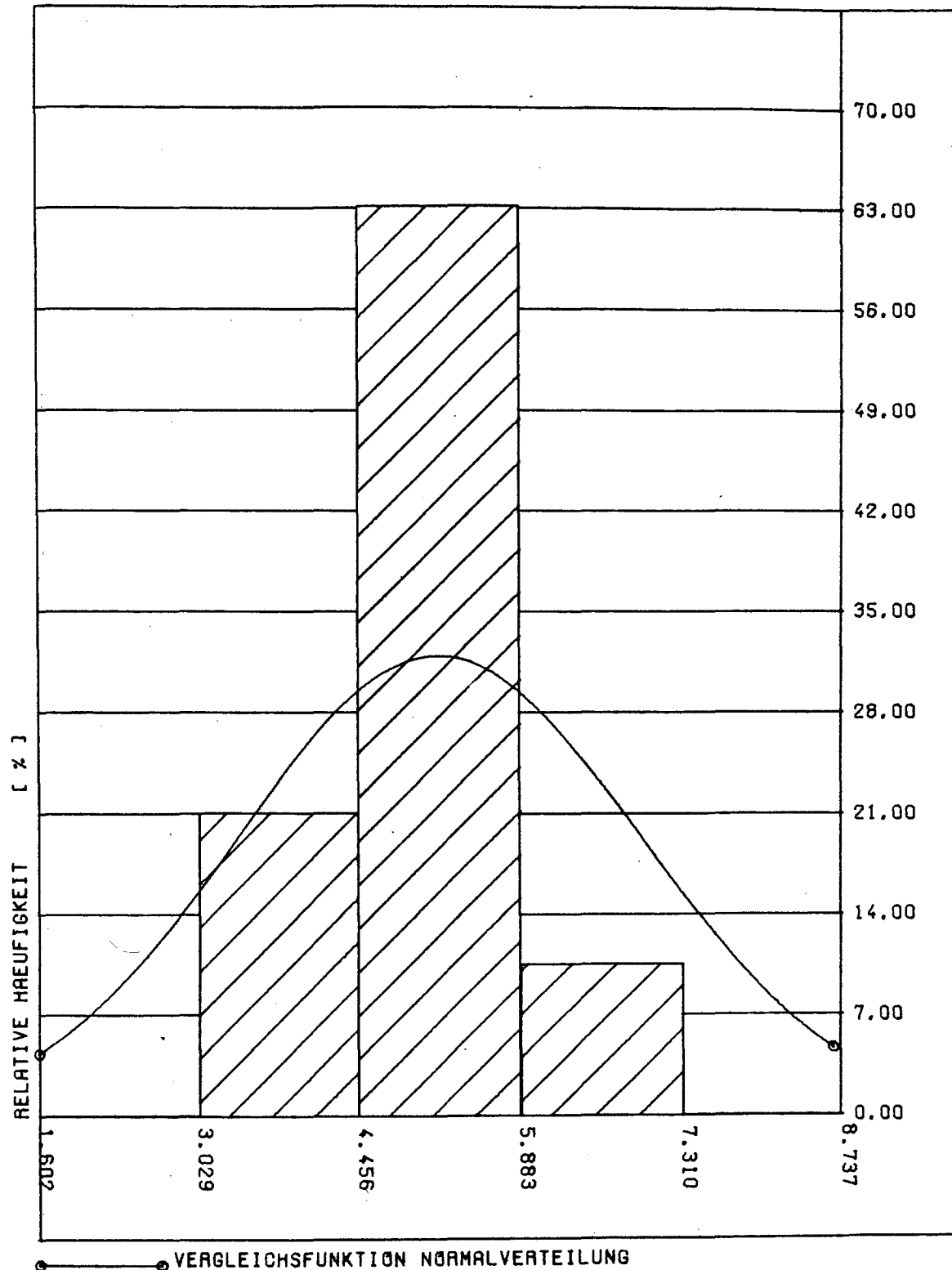
HEIZWERTE HERSTELL. UND LAGER (NA 3 U 4)



Anhang 7.6.2

HEIZWERTE HERSTELL. UND LAGER (NA 3 U 4)

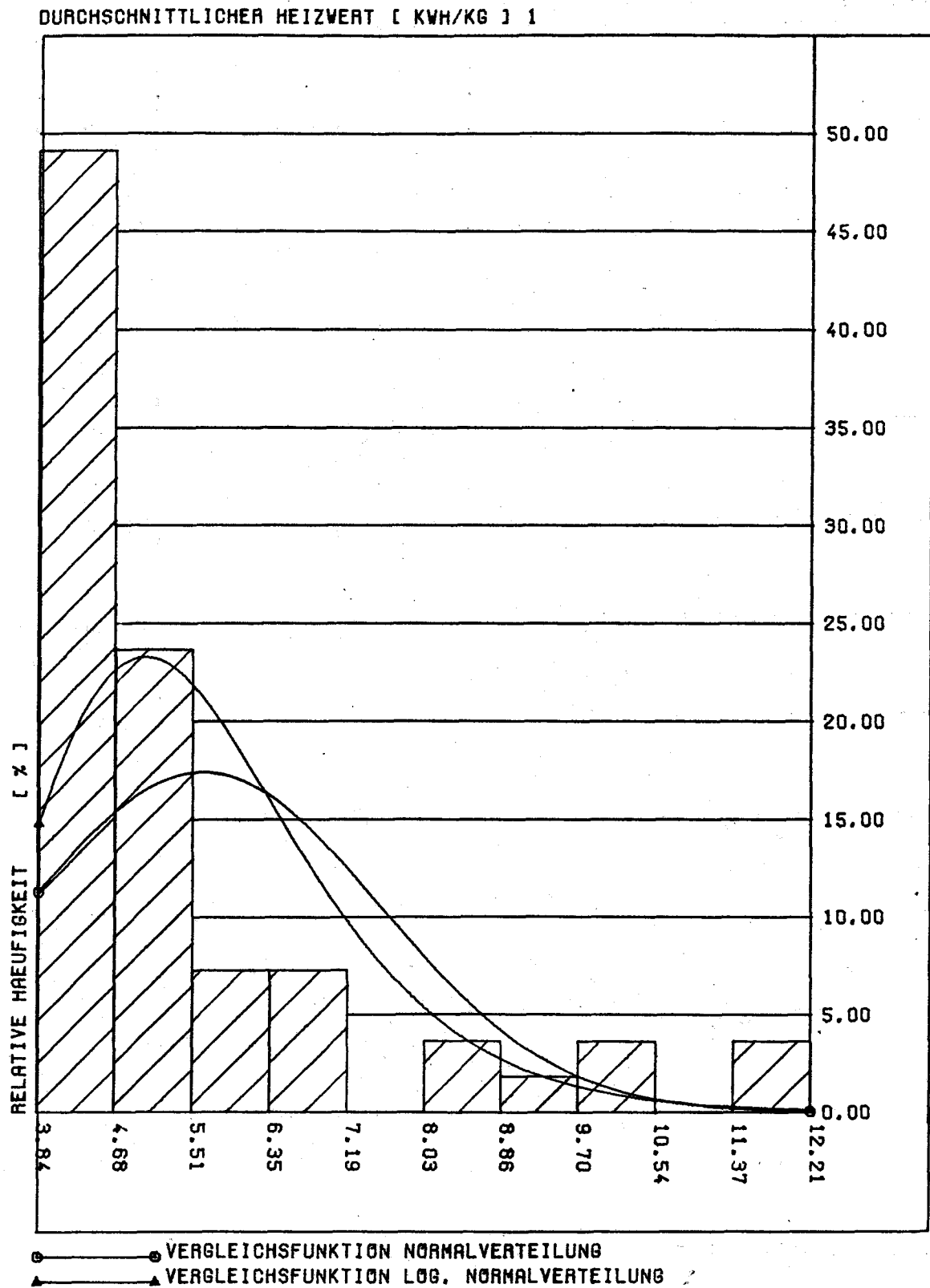
DURCHSCHNITTLICHER HEIZWERT [KWH/KG] 3



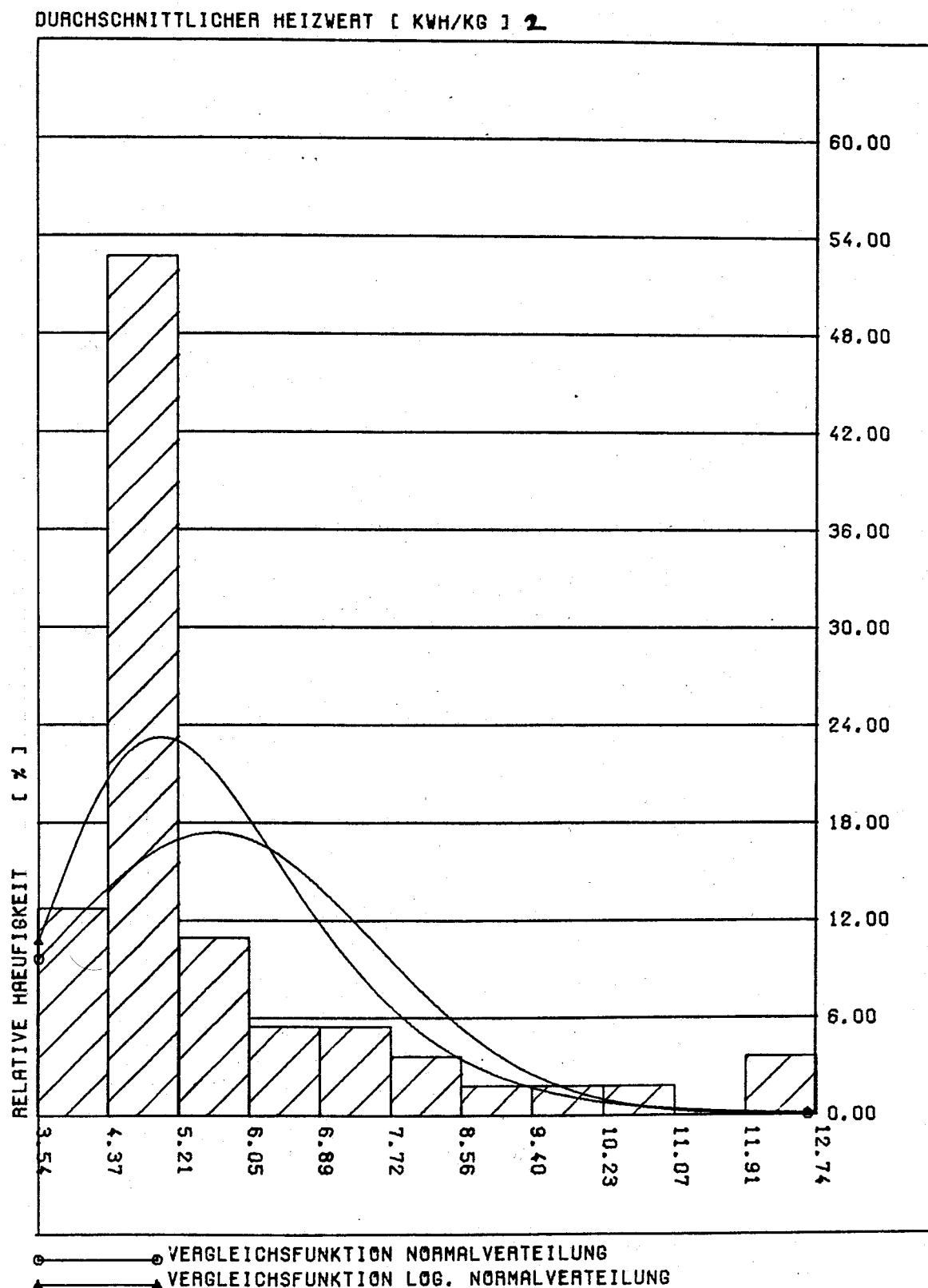
Anhang 7.6.3

HEIZWERTE DER NUTZUNGSARTEN

1 BIS 4



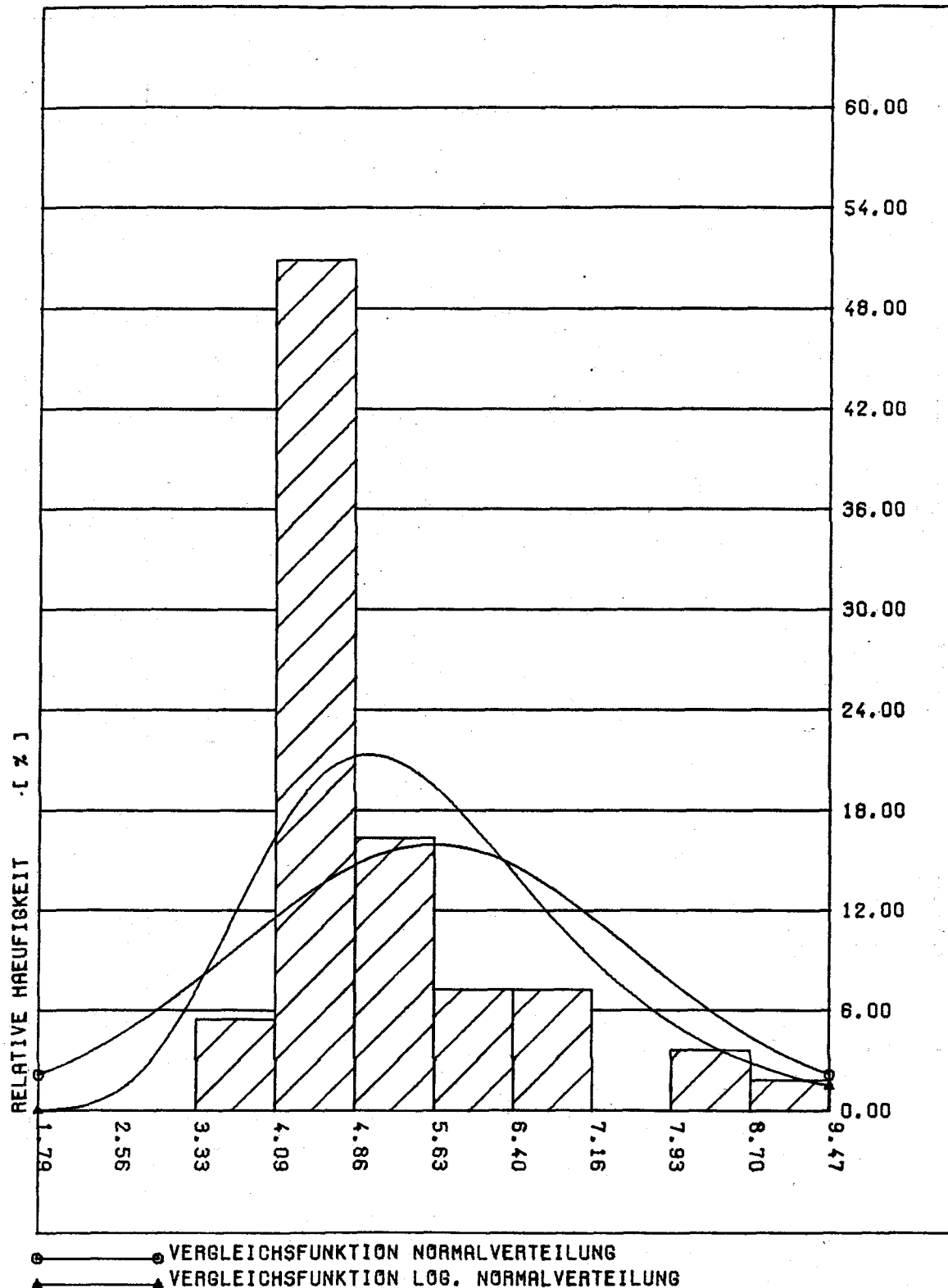
HEIZWERTE DER NUTZUNGSARTEN 1 BIS 4



Anhang 7.7.2

HEIZWERTE DER NUTZUNGSARTEN 1 BIS 4

DURCHSCHNITTLICHER HEIZWERT [KWH/KG] 3



Stall
Stallhülle
Kordelzug

7.00 4.00
7.12 4.03
7.13

10. JULI 1989

DK 00

31-7014/001